



ปีการศึกษา 2531

เครื่องมือนอกห้องทดลองด้วยระบบ ไมโครลิก

โดย

นายวิมลพร สว่างกุล
นายศิริลักษณ์ สิงห์ใจวรรณศิริ
นายเสาวจินต์ รุ่งโรจน์รัตน์
นายสมเอกชัย นิ่มเสาวโร

อาจารย์กัมภีรภษา

ผศ. ทวีศักดิ์ เกตุเจริญ

ผู้อำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถ
023098 ปี 4. ลค. 532
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2531

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องมือกลึงของถ้วยระบบไฮดรอลิก

ผู้จัดทำ

1. นายวีรยุทธ ชีรลิกุล
2. นายศิริสิทธิ์ สิมป์สุวรรณศิริ
3. นายสาทิพย์ รุ่งปัญญารัตน์
4. นายเอกชัย จันทสาโร

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ทวีศักดิ์ เทศเจริญ)

เครื่องมือนยกสิ่งของด้วยระบบไฮดรอลิก

วีรยุทธ ธีรสิทธิ์กุล

ศิริสิทธิ์ ลิ้มปัสววรรณศิริ

สาทิพย์ รุ่งปัญญารัตน์

เอกชัย วันนสาโร

ยศ. ทวีศักดิ์ เกศเจริญ

(อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

ในปฏิญานี้ฉบับนี้ ได้เรียบเรียงที่มาจากผลงานที่ได้พัฒนาเป็นเครื่องมือที่ใช้ยกสิ่งของขึ้นในแนวตั้ง โดยใช้ระบบไฮดรอลิก (HYDRAULIC FLUID POWER SYSTEM) ซึ่งใช้ใช้แรงจากกระบอกสูบไฮดรอลิก (HYDRAULIC CYLINDER) ในการยกสิ่งของ แรงซึ่งเกิดจากความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบนั้น ถูกกำหนดขึ้นโดยการปรับค่าที่วาล์วลดความดัน (RELIEF VALVES) น้ำมันไฮดรอลิกที่มีความดันสูงนี้จะถูกส่งไปยังกระบอกสูบไฮดรอลิกโดยปั๊มแบบเฟือง (GEAR PUMP) ซึ่งถูกขับโดยมอเตอร์ไฟฟ้า (ELECTRIC MOTER) ส่วนการบังคับให้สิ่งของถูกยกสูงขึ้น, อยู่กับที่หรือต่ำลง บังคับได้โดยมือโยกของวาล์วควบคุมทิศทาง (DIRECTIONAL CONTROL VALVE) เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนี้สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับความต้องการ ชีตความสามารถและราคาอุปกรณ์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hydraulic Table Elevator

Mr. Weerayut Teeraleekul

Mr. Sirisit Limsuwankeree

Mr. Satip Rungpunyarat

Mr. Ekacchai Juntasaro

Asst. Prof. Thaveesak Techareon

(Adviser)

Academic Year 1988

Abstract

This project deals with an elevator which raises up or lowers down an object vertically by means of a hydraulic fluid power system and forces being applied from a hydraulic cylinder. These forces are generated from pressure inside the cylinder and their values can be set by adjusting the relief valve. High-pressure hydraulic oil is transferred to the cylinder by a gear pump. An electric motor is used to drive the gear pump. A directional control valve controls the elevator's flight. This developed machine was constructed to suit the requirements of its needs, capacity and cost.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	หลักการพื้นฐาน	4
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	27
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	42
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุป	44
	ภาคผนวก	45
	หนังสืออ้างอิง	59
	กิตติกรรมประกาศ	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เทคโนโลยีในปัจจุบัน ได้ก้าวไปไกลอย่างมาก การเปลี่ยนรูปพลังงานต่าง ๆ ได้พัฒนาขึ้นมาก ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานกับอุปกรณ์เล็กๆ ไปจนถึงอุปกรณ์ใหญ่ๆ ในงานอุตสาหกรรม พลังงานจากธรรมชาติได้ถูกนำมาใช้ เช่น การเปลี่ยนรูปพลังงานน้ำหรือลม มาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกล แต่การใช้งานยังเป็นไปได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากการเก็บกักไว้ใช้ ยังทำไม่ได้ตลอดเวลา

การคิดค้นพลังงานจากของไหลจึงกำเนิดขึ้น ในปี พ.ศ. 2193 .ปาสคาล <PASCAL> ได้พบว่า แรงดันที่ให้กับของไหลซึ่งบรรจุอยู่ภายในภาชนะปิด จะไปปรากฏและกระทำในทิศทางต่อหน้าผิวภาชนะ ในทิศทางตั้งฉาก จากนั้น เบอรรุอลี่ <BERNUOLLI> ได้พัฒนากฎเกณฑ์ขึ้น และนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรม แต่ในต้นศตวรรษที่ 19 ระบบกำลังงานของไหลกลับได้รับความนิยมน้อยลงเพราะอุปกรณ์ต่างๆ ยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ จนกระทั่งช่วงศตวรรษที่ 20 การพัฒนาและนำเอากำลังงานของไหล ได้กลับมามีบทบาทอีกครั้ง

กำลังงานของไหลที่นำมาใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 2 ระบบ คือ

1. ระบบนิวแมติก <Pneumatics> ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในที่นี้
2. ระบบไฮดรอลิก <Hydraulics>

1.1 ระบบไฮดรอลิก

คำว่า "Hydraulic" มาจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ "Hydro" หมายถึงน้ำ และ "Aulis" ซึ่งหมายถึงท่อ <Pipe> เดิมคำว่า "Hydraulic" หมายถึงเฉพาะการไหลของน้ำในท่อเท่านั้น แต่ปัจจุบันนี้หมายถึงการไหลของของเหลวทุกชนิด ที่ใช้ในระบบ เพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงาน ในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกทำงาน ตัวอย่าง เช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิก เครื่องอัด เกียร์อัตโนมัติ เครื่อง กว้าน รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ระบบไฮดรอลิกต้องมีอุปกรณ์พื้นฐาน ในการทำงานดังนี้

1.1.1 อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิก <PRIMAARY COMPONENT >

ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนน้ำมันไฮดรอลิก เพื่อส่งจ่ายให้แก่ระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

1.1.2 อุปกรณ์ควบคุมและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิก <STORAGE AND TREATMENT COMPONENT>

ทำหน้าที่เป็นที่กักของน้ำมัน ชักสิ่งสกปรก จัดฟองอากาศ และระบายความร้อนของน้ำมันไฮดรอลิก ซึ่งประกอบด้วย ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก ไซกรองน้ำมันไฮดรอลิก และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่ใช้กับถังพักน้ำมัน

1.1.3 อุปกรณ์สร้างการไหล <TRANFERRING COMPONENT>

ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหล ประกอบด้วยปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่าง ๆ

1.1.4 อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน <CONTROLLING COMPONENT>

หมายถึงวาล์วควบคุมชนิดต่าง ๆ ในระบบไฮดรอลิก เช่น วาล์วควบคุมทิศทาง การไหล ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของก้านสูบ วาล์วควบคุมอัตราการไหล ใช้จำกัดปริมาณน้ำมันที่เข้าสู่ลูกสูบ เพื่อควบคุมความเร็วของก้านสูบ วาล์วควบคุมความดัน ใช้ควบคุมความดันในระบบ

1.1.5 อุปกรณ์การทำงาน <ACTUATOR OR WORKING COMPONENT>

ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกลูกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก

1.1.6 อุปกรณ์ในระบบท่อทาง <PIPING SYSTEM>

ทำหน้าที่เป็นท่อทางกวรไหลของน้ำมันไฮดรอลิกในระบบ ประกอบด้วยแป๊ป <PIPE> ท่อ <TUBE> สายน้ำมันไฮดรอลิก <HOSES> ข้องอ <BENDING> และข้อต่อชนิดต่าง ๆ <FITTINGS>

1.2 การใช้งานระบบไฮดรอลิก

ขอถ่ายภาพต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกไปใช้ในงานนี้ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ระบบไฮดรอลิกในโรงงานอุตสาหกรรม <INDUSTRIAL HYDRAULICS>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 น้ำหนัก วัตถุหรือสสารทุกชนิดต้องมีน้ำหนักเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก หรือแรงดึงดูดของโลกที่มีต่อวัตถุ

2.1.3 มวล วัตถุหรือสสารทุกชนิดต้องมีมวล หมายถึงปริมาณของวัตถุและแรงเฉื่อย (inertia) ของวัตถุนั้น หรือแรงต้านทานของวัตถุที่มีต่อการเคลื่อนที่ มวลของวัตถุสามารถหาได้จากน้ำหนักของวัตถุเมื่ออยู่ในสภาพที่ที่แรงโน้มถ่วง แรงเฉื่อยหาได้จากปริมาณแรงที่ใช้ในการทำให้วัตถุเคลื่อนที่ หยุด หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ เมื่อวัตถุมีมวลมากต้องใช้แรงที่ทำให้วัตถุได้เร็วมากตามไปด้วย

ค่าของน้ำหนักและมวล หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$W = mg$$

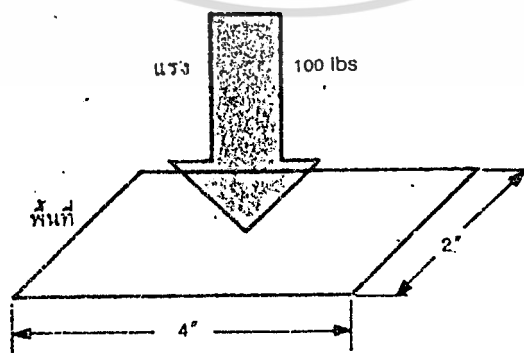
ซึ่ง W คือ น้ำหนักของวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หรือ ปอนด์ (lb)

m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น สลัก (slug) หรือ กิโลกรัม (kg)

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (มีค่า 9.81 m/sec^2 หรือ 32.24 ft/sec^2)

2.2 ความดัน (pressure)

ความดัน คือ ค่าของแรงที่กระทำหารด้วยพื้นที่ที่ถูกกระทำซึ่งตั้งฉากกับแนวแรงนั้น ในระบบไฮดรอลิกมีความดัน 2 ชนิดคือ ความดันสถิต (hydrostatic pressure) และความดันที่ได้จากแรงภายนอก (static pressure)



รูปนี้แสดง การหาค่าความดันจากแรงภายนอก

2.2.1 ความดันสถิต หมายถึงความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักและความสูงของของไหล ค่าของความดันสถิตหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$P = \gamma h$$

หรือ

$$P = \rho gh$$

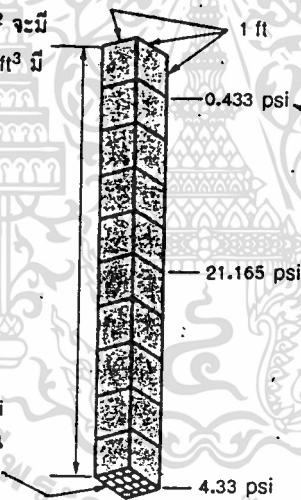
ซึ่ง P คือ ความดันสถิต มีหน่วยเป็น lb/in², psi หรือ บาร์

h คือ ความสูงของของเหลว หรือความดันที่อยู่ในรูปของความสูงของของเหลว มีหน่วยเป็น เมตรของของเหลว เช่น เมตรของน้ำ เมตรของน้ำมัน หรือ ฟุตของของเหลว เช่น ฟุตของน้ำ ฟุตของน้ำมัน

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของของเหลว มีหน่วยเป็น lb/ft³ หรือ N/m³

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว มีหน่วยเป็น slug/ft³ หรือ kg/m³

น้ำสูง 10 ft พื้นที่หน้าตัด 1 ft² จะมีปริมาตร 10 ft³ และน้ำแต่ละ ft³ มีน้ำหนัก 62.4 lbs



น้ำหนักทั้งหมดที่กระทำลงบนพื้นที่ 1 ft² คือ 624 lbs และความดันที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักนี้จะเท่ากับ 624 lbs/1 ft² หรือ 624 lbs/144 in² หรือ 4.33 lbs/1 in² (psi)

ถ้าน้ำสูง 10 ft มีค่าความดัน 4.33 psi ที่ความสูงของน้ำ 1 ft ก็จะมีค่าความดัน 0.433 psi และที่ความสูงของน้ำ 5 ft จะมีความดัน 2.165 psi

รูปนี้แสดง ความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักและความสูงของของไหล

ความหนาแน่น (mass density) คือ ปริมาณของมวลสารที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \text{มวลของสาร} / \text{ปริมาตร}$$

ซึ่ง ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส = 1.94 slug/ft³

$$= 1000 \text{ kg/m}^3$$

น้ำหนักจำเพาะ (specific weight) คือน้ำหนักของสารที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\text{น้ำหนักจำเพาะ} = \text{น้ำหนักของสาร} / \text{ปริมาตร}$$

ซึ่ง น้ำหนักจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส = 62.4 lb/ft³

= 9810 N/m³

ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) คือ การเปรียบเทียบน้ำหนักของสสาร
กับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

ความถ่วงจำเพาะ = น้ำหนักจำเพาะของสสาร/น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

2.2.2 ความดันที่ได้จากแรงภายนอก เมื่อแรงภายนอกกระทำบนพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ
จะเกิดความดันขึ้นกระจายออกทุกทิศทางและทุกจุดเท่ากันอย่างสม่ำเสมอตามกฎของปาสคาล

$P = F/A$

ซึ่ง P คือ ความดันของของเหลวที่ได้รับจากแรงภายนอก (lb/in², bar)

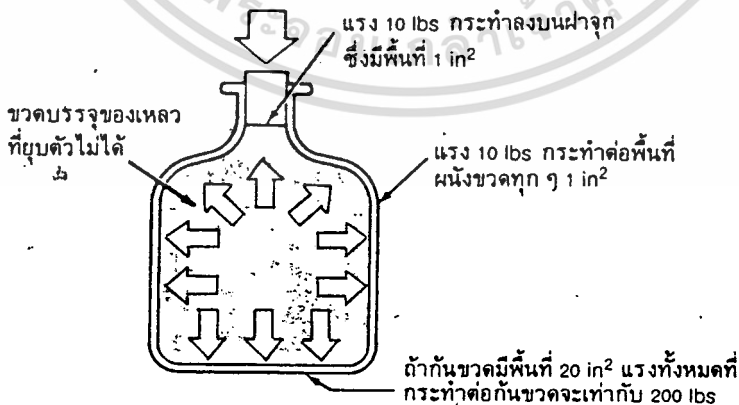
F คือ แรงภายนอกที่กระทำ (lb, N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่ถูกแรงภายนอกกระทำ (in², m²)

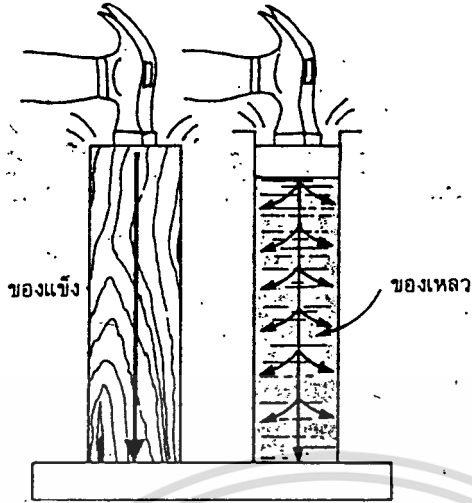
2.3 กฎของปาสคาล (Pascal's law)

กฎของปาสคาล มีเนื้อหาสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ความดันของของไหลซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดจะมีค่าแรงกระทำเท่ากันในทุกทิศทางต่อพื้นผิวภาชนะ
2. ทิศทางของความดันของของไหลจะตั้งฉากกับพื้นที่ของไหลสัมผัส
3. ความดันของของไหลจะมีค่าเท่ากันที่ระดับเดียวกัน



รูปนี้แสดง ความดันถูกส่งผ่านโดยของเหลวมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง



รูปนี้แสดง แรงที่เกิดขึ้นกับของแข็งและของเหลว

2.4 ความดันบรรยากาศ(atmospheric pressure)

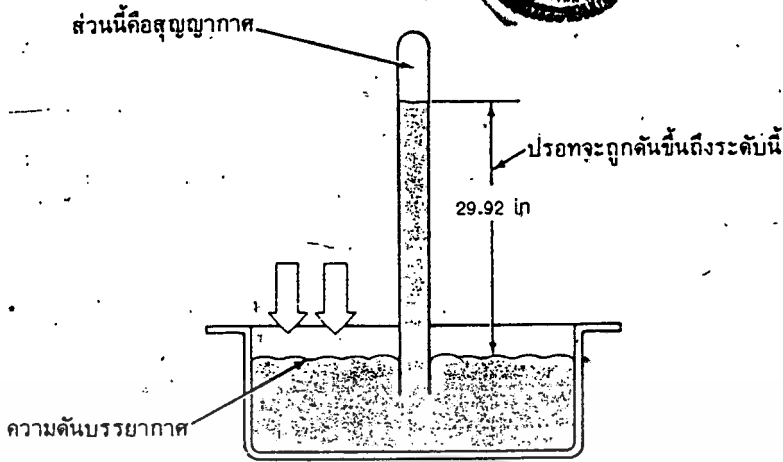
อากาศเป็นสสารซึ่งมีน้ำหนักและอยู่เป็นชั้นๆสูงขึ้นไปจึงทำให้เกิดความดันขึ้น โดยเริ่มคิดจากระดับน้ำทะเลจนถึงชั้นสูงสุดของบรรยากาศ ดังนั้นที่ระดับน้ำทะเลจะมีความดันสูงกว่าบนภูเขา ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งไม่เท่ากันจึงถือเอาความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลเป็นมาตรฐาน โดยที่ความดันบรรยากาศนี้วัดได้โดยบารอมิเตอร์ (barometer)

ที่พื้นที่ 1 in² และความสูงของอากาศ
จากระดับน้ำทะเลถึงชั้นบรรยากาศ

ทำให้มีน้ำหนักเนื่องจาก
ความสูงดังกล่าว 14.7 lbs ที่ระดับน้ำทะเล
ดังนั้น ความดันบรรยากาศจึงเท่ากับ 14.7 psi



รูปนี้แสดง ความดันบรรยากาศ



รูปนี้แสดง บารอมิเตอร์วัดความดันบรรยากาศแบบปรอท

2.5 การวัดความดันในระบบไฮดรอลิก

การวัดความดันสามารถวัดค่าได้ 2 แบบ คือ

1. ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure)
2. ความดันเกจ (gage pressure)

ค่าความดันสัมบูรณ์จะ เริ่มต้นจาก ไม่มีความดันอยู่เลยหรือเป็นสุญญากาศ ส่วนความดันเกจจะวัดเทียบกับความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล โดยที่ความดันบรรยากาศจะมีค่าเท่ากับความดันเกจศูนย์

ในกรณีที่ค่าความดันที่อ่านได้จากเครื่องมือมีค่าความดันเป็นบวก

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} = \text{ความดันบรรยากาศ} + \text{ความดันเกจ}$$

ในกรณีที่ค่าความดันที่อ่านได้จากเครื่องมือมีค่าความดันเป็นลบ

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} = \text{ความดันบรรยากาศ} - \text{ความดันเกจ}$$

การวัดค่าความดันในระบบไฮดรอลิกนั้นจะวัดจากระดับความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ

2.6 เกจวัดความดันเกจ (pressure gage)

เกจวัดความดันชนิดนี้ใช้กันมากที่สุดเป็นแบบบอร์ตันเทิร์บ ซึ่งเป็นท่อโค้งกลวง มีปลายข้างหนึ่งหนึ่งปิด ส่วนปลายอีกข้างต่อเข้ากับความดันที่ต้องการวัด เมื่อท่อโค้งได้รับความดันมันจะพยายามเหยียดตัวออกให้ตรง ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้นและมีค่าความดันที่วัดได้ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ภายใต้การดูแลของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณหรือความดันลดลง ก็จะทำให้น้ำมันสามารถไหลเข้าได้ด้วยความดันบรรยากาศ

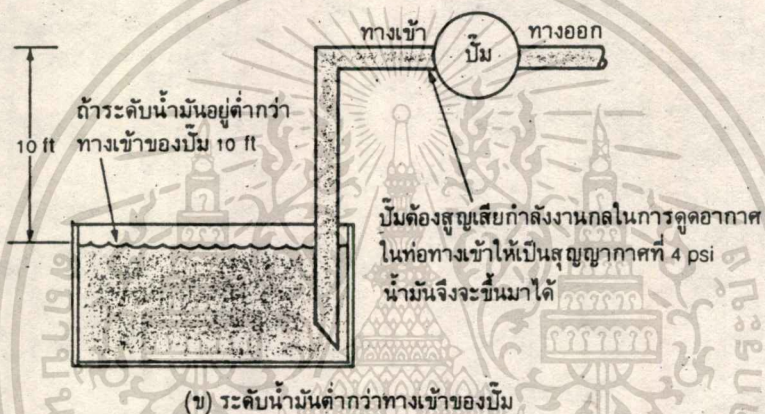
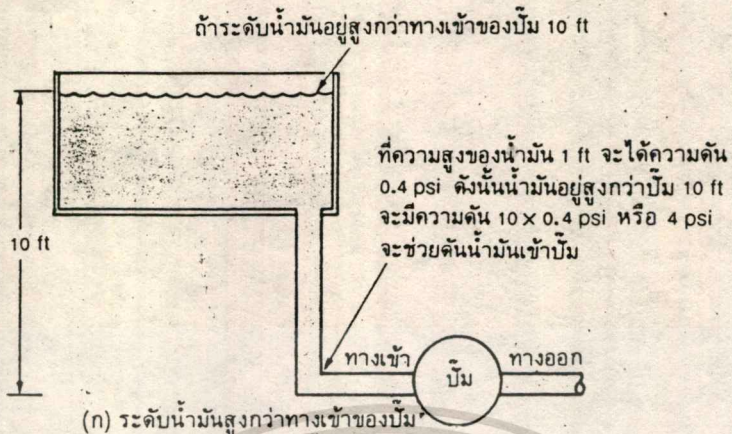
2.8 ความดันเนื่องจากน้ำหนักหรือความสูงของน้ำมันกับการดูดน้ำมัน

ในระบบไฮดรอลิก ปัมป์จะต้องดูดน้ำมันจากถังพักน้ำมัน ถ้าระดับน้ำมันอยู่สูงกว่าปัมป์ จะมีความดันเนื่องจากน้ำหนักของน้ำมันไฮดรอลิกหรือความดันเนื่องจากความสูง ช่วยดันน้ำมันเข้าปัมป์ นอกเหนือไปจากความดันบรรยากาศที่กดดันที่ผิวของน้ำมันในถังพัก ตอนปัมป์ทำงาน บริเวณปากทางเข้ามักจะมี ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ จึงเกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายนอกที่ระดับน้ำมันและภายในตรงทางเข้าปัมป์ ผลต่างความดันนี้ก็คือ ความดันที่จะไปดันน้ำมันเข้าปัมป์ ถ้าระดับน้ำมันอยู่ต่ำกว่าปัมป์ ก็จะทำให้ปัมป์ทำงานหนัก เพราะว่าการที่จะดูดน้ำมันขึ้นไปได้ จะต้องดูดอากาศในท่อทางดูดให้มีสภาพเป็นสัญญาณมากพอ ที่จะทำให้เกิดผลต่างของความดันที่มีค่ามากกว่าความดัน เนื่องจากน้ำหนักของน้ำมันหรือความสูงของท่อทางดูด เพื่อที่จะดันน้ำมันให้เข้าปัมป์ได้ ยิ่งถ้าตัวปัมป์อยู่สูงกว่าระดับน้ำมันมากเพียงใด ก็จะทำให้สภาพในท่อทางดูดให้เป็นสัญญาณมากเพียงนั้น ดังนั้นจึงควรคำนึงด้วยว่า ช่องไหลอาจจะกลายเป็นไอได้ที่ความดันที่เป็นสัญญาณมาก ๆ กล่าวคือ ถ้าความดันในท่อทางดูดลดลงต่ำกว่าค่าความดันไอของน้ำมันชนิดนั้นแล้ว จะทำให้น้ำมันกลายเป็นไอ เกิดฟองของไอน้ำมันและอากาศทำให้เกิดแรงกระแทกเสียงดัง และกระทบกับผิวอุปกรณ์และส่วนประกอบของตัวปัมป์ จะทำให้ชิ้นส่วนเกิดการสึกกร่อนเสียหายได้ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า คาวิชั่น (cavitation)

ดังนั้นการสร้างควรรีให้ท่อทางเข้าปัมป์ไม่ควรมีความดันลดลงต่ำกว่า 5 นิ้วปรอท หรือจะมีความดันเนื่องจากความสูงจากระดับน้ำมันถึงปัมป์ได้ 2.5 ฟุตต่อตารางนิ้ว หรือประมาณ 6 ฟุตน้ำมัน และถ้าคิดความดันลด เนื่องจากความเสียดทานที่ผนังท่อและสิ่งกีดขวางอื่น ๆ ภายในท่อ ระดับน้ำมันไม่ควรต่ำกว่าปัมป์ไฮดรอลิกเกินกว่า 3 ฟุตน้ำมัน

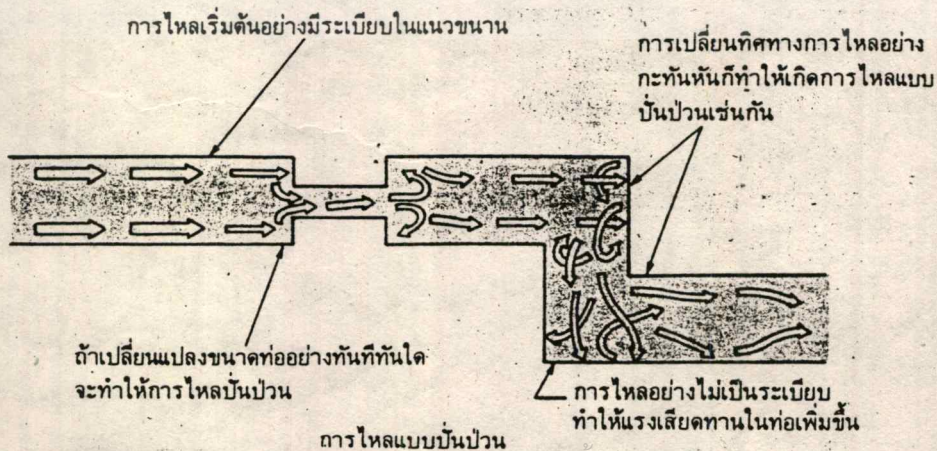
ถ้าอากาศภายนอกกรู๊วเข้า ไปจะทำให้ น้ำมันมีฟอง ซึ่งอากาศจะลอยปนกับน้ำมัน แต่ไม่ละลายปนกับน้ำมันเกิดการอัดตัวเวลาปัมป์ทำงาน ทำให้ระบบมีความคลาดเคลื่อนและเกิดเสียงดัง เรียกว่า อะเรชั่น (aeration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

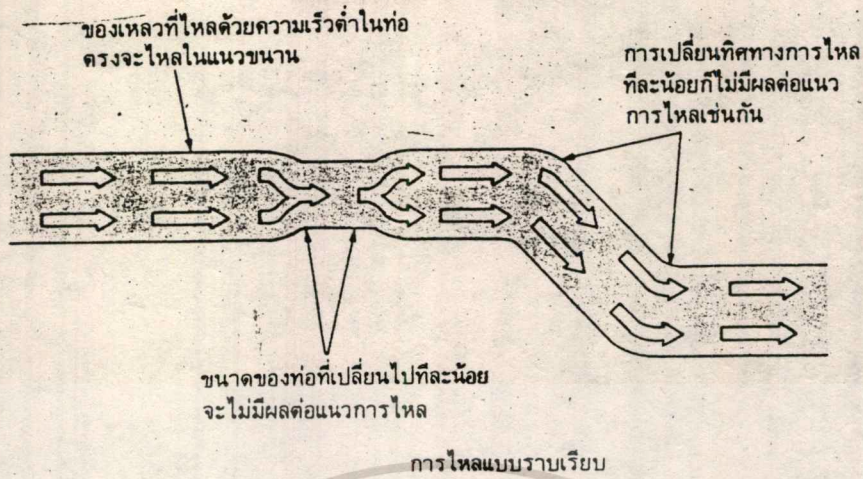


รูปนี้แสดง การเปรียบเทียบการติดตั้งบิ๊มไฮดรอลิกในการสูบน้ำมัน

2.9 การไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) และ การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การไหลแบบราบเรียบ

การไหลแบบปั่นป่วน

เส้นทางการไหลของชั้นของเหลวในแต่ละชั้น

รูปนี้แสดง การไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน

ในท่อยาว ๆ ที่มีการไหลอย่างช้า ๆ จะเห็นการไหล โดยที่อนุภาคของของเหลวเคลื่อนที่ เป็นเส้นตรงขนานกัน ไปคล้าย ๆ กับการไหลอย่างช้า ๆ ความเร็วในชั้นที่อยู่ใกล้ ๆ กันของของเหลวจะมีค่าไม่เท่ากัน ชั้นของของเหลวที่อยู่ติดกับผิวผนังภายในท่อจะไหลได้ช้าที่สุด เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างของเหลวกับผิวที่ขรุขระที่ผนังภายในท่อ ดังนั้นชั้นของเหลวที่อยู่ตรงกลางจะมีความเร็วมากที่สุด เพราะไม่มีแรงเสียดทานกับผิวผนังภายในท่อ การไหลแบบนี้เรียกว่า การไหลแบบราบเรียบ ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานน้อยมาก แรงเสียดทานยังอาจเกิดขึ้นภายในอนุภาคของของเหลวเอง เนื่องจากความหนืดของของเหลว ซึ่งมีหน่วยเป็น centipoise หรือ SUS (saybolts universal seconds)

จากการทดลองพบว่า ความหนืดหรือความต้านทานการไหลในของเหลวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของเหลวเพิ่มขึ้น และจะมีความหนืดเพิ่มเมื่ออุณหภูมิของเหลวลดลง

ส่วนการไหลแบบปั่นป่วน เป็นการไหล โดยที่อนุภาคของของเหลวเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ ความเร็วในแต่ละชั้นมีความแตกต่างกันทั้งขนาดและทิศทาง การไหลแบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำมันไฮดรอลิกมีความหนืดต่ำไปหรือขนาดท่อเล็กเกินไป ทำให้ของเหลวไหลด้วยความ

เอกสาร์นี้เร็วมากเกินไป หรืออาจเกิดจากผิวที่ภายในขรุขระ มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดหรือใช้ไม่วากรณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคนนำไปใช้

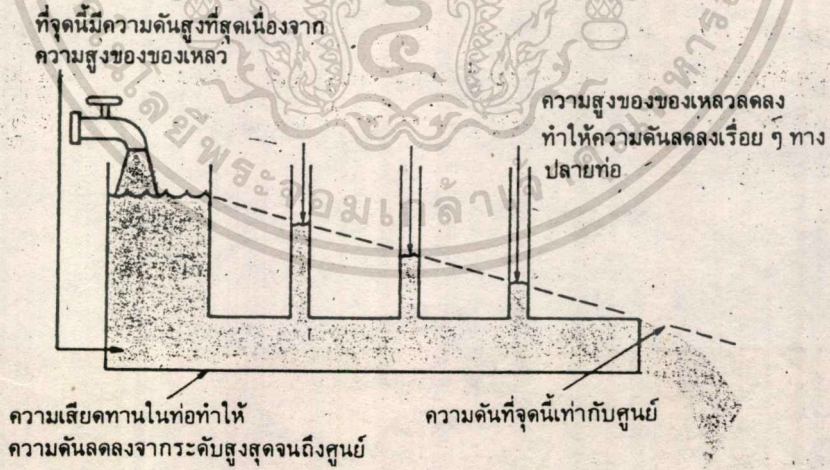
ข้อลดหรือข้อเพิ่มอย่างทันทีทันใด การไหลแบบนี้ไม่ควรให้เกิดขึ้นเพราะทำให้เกิดความดันลด เนื่องจากแรงเสียดทานขึ้นอย่างมาก เกิดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งเปลี่ยนไปเป็นรูปความร้อน ทำให้อุณหภูมิในช่องแหล่งสูงกว่าการไหลในแบบราบเรียบ และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดต่ำลงด้วย

ดังนั้นการลดความสูญเสียต่าง ๆ ในระบบไฮดรอลิกให้น้อยที่สุดคือการเลือกขนาดของท่อ ข้อต่อและอุปกรณ์อื่น ๆ ให้พอเหมาะกับระบบ

นอกจากนี้การไหลแบบนี้ป่วนยังทำให้เกิดคาวิเตชันได้ ทำให้มีฟองไอสะสมกับน้ำมัน เกิดฟองอากาศในท่อและในส่วนประกอบอื่น ๆ เป็นผลเสียต่อระบบทำให้เครื่องจักรเกิดการสึกหรอและทำงานช้าลงหรืออาจทำงานไม่ได้เลยถ้าเกิดฟองอากาศจำนวนมาก

2.18 ความดันลดเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ

เนื่องจากท่อที่ใช้งานนั้น ผนังท่อที่ขรุขระ ทำให้น้ำมันที่ไหลต้องเอาชนะความเสียดทานที่เกิดจากผนังท่อกับน้ำมัน หรือภายในตัวมันเอง ดังนั้นความดันที่ทางเข้าจะมีค่ามากกว่าความดันที่ปลายทางเสมอ เนื่องจากการเกิดความดันลด ซึ่งการเกิดความดันลดจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน เช่นในระบบที่ใช้ท่อยาวมาก และความเร็วของเหลวในท่อสูง



รูปนี้แสดง ความเสียดทานที่ผนังท่อทำให้เกิดความดันลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **รูปนี้แสดง การออกแบบท่อทางที่ดี** มิใช่สัญญาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ความดันลดเนื่องจากการไหลผ่านทางไหลที่เล็กและแคบ

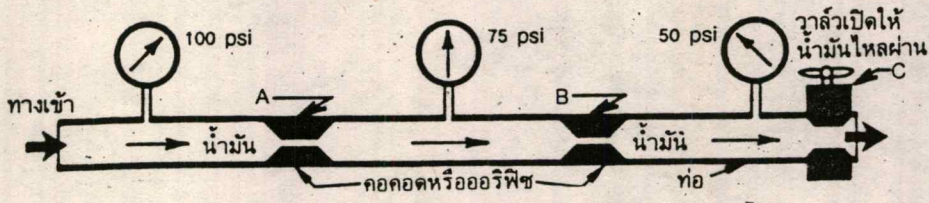
ทางไหลเล็กและแคบ เช่น คอคอด รูของวาล์ว ข้อต่อ ข้องอ จะเป็นสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำมันทำให้น้ำมันที่ไหลผ่านได้จะมีความแตกต่างระหว่างความดันที่ทางเข้าและทางออกของทางไหลเล็ก ๆ แคบ ๆ ซึ่งก็คือค่าความดันลดที่เกิดขึ้นที่สิ่งกีดขวางนั่นเอง โดยเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ที่บริเวณดังกล่าว

จากลักษณะของน้ำมัน ไหลผ่านท่อที่เป็นรูปคอคอดและข้อต่อหักจาก ลักษณะของน้ำมันจะไหลเรียบในตอนแรก เมื่อปะทะกับคอคอดและข้อต่อหักจากจะเกิดการหมุนวน เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ ทำให้ความดันเปลี่ยน แต่หลังจากผ่านบริเวณนี้ไปแล้ว การไหลก็จะราบเรียบเหมือนเดิม การสูญเสียจะเกิดขึ้นไม่มาก แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อข้อต่อเป็นมุมหักจาก 90° ดังนั้นควรหลีกเลี่ยง ไปใช้ท่อโค้ง เพื่อลดการสูญเสียพลังงานและทำให้น้ำมัน ไหลราบเรียบด้วย สิ่งกีดขวางของน้ำมันยังมีอีก ได้แก่ การต่อท่อ โดยใช้ข้อต่อทื่อ ข้อต่อสายไฮดรอลิก และข้อต่อที่รูวาล์วที่มีการลดขนาดเล็กน้อย

ความดันลดลงเนื่องจากเหตุดังกล่าว อาจสังเกตได้จากเกจวัดความดันที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ



รูปนี้แสดง การสูญเสียความดันเนื่องจากข้อต่อนิตต่างๆ



รูปนี้แสดง สิ่งกีดขวางในท่อทางทำให้ความดันของน้ำมันลดลง

2.12 สมการแห่งการไหลอย่างต่อเนื่อง (continuity equation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เจ้าของมวลคิดว่า ข้อมูลสาร ไม่สามารถสร้างขึ้นหรือหาไป ได้ หรือมวลของ การค้า ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารที่ไหลเข้า ไทในระบบหนึ่งย่อม เท่ากับมวลของสารที่ไหลออกจากระบบนั้น

อัตราการไหลของมวลของ ไทที่ผ่านหน้าตัด1=อัตราการไหลของมวลของ ไทที่ผ่านหน้าตัด2

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

$$\dot{m} = \rho AV = \text{คงที่}$$

ถ้าระบบไฮดรอลิก น้ำมันไฮดรอลิกเป็นของไหลอัดตัวไม่ได้ จึงถือว่าเมื่อไหลจากหน้าตัด 1 ไปหน้าตัด 2 ความหนาแน่นของน้ำมันไฮดรอลิกไม่มีการเปลี่ยนแปลงคือ $\rho_1 = \rho_2$ ดังนั้นสมการใหม่จะเป็น

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q = AV = \text{คงที่}$$

เมื่อ \dot{m} = อัตราการไหลของมวลของ ไท หน่วย slug/sec, kg/sec

ρ = ความหนาแน่นของ ไท หน่วย slug/ft³, kg/m³

Q = ปริมาณการไหลหรืออัตราการไหล หน่วย in²/sec, gallon/min, m³/sec, litre/min

A = เนื้อที่หน้าตัด หน่วย in², m²

V = ความเร็วในการไหล หน่วย ft/sec, m/sec

2.13 หลักการของเบอร์นูลลี (bernoulli's principle)

เบอร์นูลลี กล่าวว่า ในระบบที่มีการไหลสม่ำเสมอ (steady flow) หรืออัตราการไหลคงที่ จะมีพลังงานที่เกิดขึ้นจากความดัน ความเร็วและตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของของไหลจากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งภายในท่อทาง โดยผลรวมของพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่จุดต่างๆ ย่อมมีค่าคงที่ ถ้าไม่คิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน ดังนั้นสมการแสดงผลรวมทั้งหมดในทิศทางที่ของไหลเคลื่อนที่ได้เป็น

$$\text{พลังงานเนื่องจากความดัน} + \text{พลังงานศักย์} + \text{พลังงานจลน์} = \text{ค่าคงที่}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าคิดพลังงานต่าง ๆ ต่อ 1 หน่วยน้ำหนัก

$$P/\gamma + V^2/2g + Z = \text{คงที่}$$

สมการนี้เรียกว่า สมการเบอร์นูลลี (bernoulli equation) ใช้ได้กับของเหลวที่มีอัตราการไหลคงที่ และไม่คิดความเสียดทานการไหล จึงไม่มีการสูญเสียพลังงาน

เมื่อ P/γ คือ พลังงานเนื่องจากความดันในของไหลต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล

(pressure head) มีหน่วยเป็น $\text{lb}\cdot\text{ft}/\text{lb} = \text{ft}$, $\text{N}\cdot\text{m}/\text{N} = \text{m}$

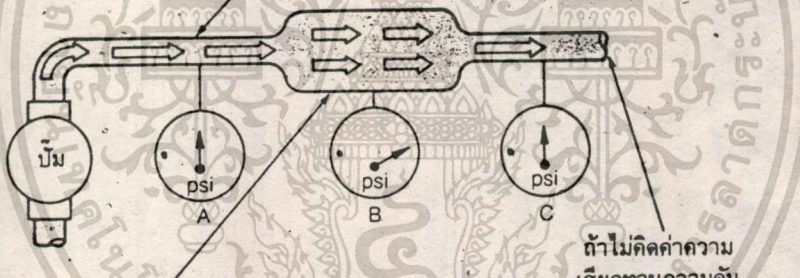
$V^2/2g$ คือ พลังงานจลน์ต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล (velocity head)

มีหน่วยเป็น $\text{lb}\cdot\text{ft}/\text{lb} = \text{ft}$, $\text{N}\cdot\text{m}/\text{N} = \text{m}$

Z คือ พลังงานศักย์ต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล (elevation head)

มีหน่วยเป็น ft, m

ในท่อเล็ก ความเร็วจะสูง พลังงานจลน์จึงมาก และความดันจะต่ำ



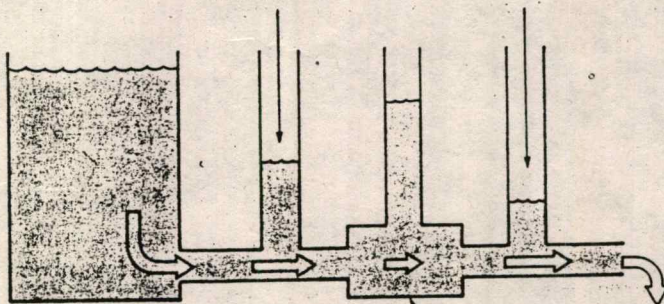
ในท่อใหญ่ ความเร็วจะลดลง พลังงานจลน์ก็จะลดตามส่วน ความดันกลับเพิ่มขึ้น

ถ้าไม่คิดค่าความเสียดทานความดันและความเร็วของน้ำในที่จุดนี้จะเท่ากับที่ A

รูปนี้แสดง ผลรวมของพลังงานทั้งหมดที่จุดใดๆ ในระบบมีค่าคงที่

เมื่ออัตราการไหลคงที่และไม่คิดค่าความเสียดทาน

ความดันในท่อลดลงเนื่องจากความเสียดทาน



ท่อขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ความเร็วลดลง และให้ความดันเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการไหลเกิดจากจุด A ไปจุด C ถ้าคิดพลังงานสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน ก็จะทำให้ความดันที่จุด C มีค่าน้อยกว่าที่จุด A จึงต้องบวกพลังงานสูญเสีย (head loss) เข้าไปในสมการพลังงานที่จุด C ดังนี้

$$P_A/\gamma + v_A^2/2g + Z_A = P_C/\gamma + v_C^2/2g + Z_C + h_L$$

2.14 กฎของเฮเกน-พอยเซอูเล (Hagen-Poiseuille law)

ใช้สำหรับการไหลแบบราบเรียบ ซึ่งเป็นผลมาจากการทดลอง โดยพิจารณาหาค่าความดันลดและการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานการไหลในท่อกลมที่มีการไหลแบบราบเรียบเท่านั้น สมการได้แก่

$$h_L = 32\mu LV/\gamma D^2$$

หรือเขียนสมการใหม่ได้โดยการแทนค่า $\gamma = \rho g$, $\nu = \mu/\rho$

$$h_L = 32\nu LV/gD^2$$

จากสมการทั้งสองอาจเขียนให้อยู่ในรูปของความดันลดที่เกิดจากความเสียดทานภายในท่อได้ดังนี้

จาก $\Delta P = \gamma h$

$$\Delta P = \gamma h_L = \gamma 32\mu LV/\gamma D^2 = 32\mu LV/D^2$$

หรือ $\Delta P = \gamma h_L = 32Y\nu LV/gD^2 = 32\nu LV/D^2$

เมื่อ h_L = การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ มีหน่วยเป็น ft ของของเหลว, m ของของเหลว

ΔP = ความดันลดเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ หน่วย lb/in², bar

L = ความยาวของท่อใช้งาน มีหน่วยเป็น ft, m

V = ความเร็วของน้ำมันในท่อ มีหน่วยเป็น ft/sec, m/sec

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ มีหน่วยเป็น ft, m

ρ = ความหนาแน่นของน้ำมัน มีหน่วยเป็น slug/ft³, kg/m³

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำมัน มีหน่วยเป็น lb/ft³, N/m³

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่า = 9.81m/sec²

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 32.2 \text{ ft/sec}^2$$

ν = ความหนืดจลน์(kinematic viscosity) มีหน่วยเป็น m^2/sec ,
 ft^2/sec

μ = ความหนืดสัมบูรณ์(absolute viscosity) หน่วยเป็น $\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}^2$

2.15 เรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynold's number)

เรย์โนลด์นัมเบอร์เป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย ใช้สัญลักษณ์แทนค่า N_R เกิดจากอัตราส่วนของแรงที่เคลื่อนที่ของมวลกับแรงเฉือนเนื่องจากความหนืดของของเหลว N_R เป็นตัวเลขบอกถึงลักษณะการไหลของของเหลวในท่อตรงว่า จะเป็นการไหลแบบราบเรียบหรือปั่นป่วน และมีส่วนเกี่ยวข้องกับแฟกเตอร์ของความเสียดทานที่มีผลต่อการสูญเสียในท่อ ในทางปฏิบัติพบว่า ถ้าค่า N_R น้อยกว่า 2000 การไหลภายในท่อจะเป็นแบบราบเรียบ แต่ถ้าเกิน 2000 มาก ๆ จะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน

$$N_R = \rho VD / \mu = VD / \nu$$

2.16 สมการของดาร์ซี-ไวส์บาช (Darcy-Weisbach equation)

ทั้งสองได้ทำการทดลองหาค่าการสูญเสียในท่อกแล้วพบว่า เมื่อเป็นการไหลแบบปั่นป่วนในท่อกกลม ค่าการสูญเสียในท่อที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามสมการ

$$h_L = fLV^2 / 2gD$$

หรือ เขียนเป็นสมการหาค่าความดันลดได้เป็น

$$P = \gamma h_L = \gamma fLV^2 / 2gD$$

สมการนี้ใช้เพื่อหาค่าความดันลดและการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานเมื่อของเหลวไหลผ่านท่อกกลมหรืออาจเรียกเป็นสมการ "pipe friction equation" ซึ่งใช้ได้ทั้งการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วน

เมื่อ f = แฟกเตอร์ของความเสียดทาน (friction factor) เป็นค่าที่ไม่มีหน่วย และแปรผกผันกับค่า Reynold's number.

ถ้าการไหลในท่อเป็นแบบราบเรียบ ค่าแฟกเตอร์ของความเสียดทานนี้ อาจใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ $f = 64/N_R$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าการไหลในท่อเป็นแบบปั่นป่วน ค่าแฟกเตอร์ของความเสียดทาน จะไม่มีสูตรในการหาค่าเพียงแต่รู้ว่าค่า f เป็นฟังก์ชันของ N_{Re} และความขรุขระของผนังท่อ (ϵ) ซึ่งได้จากการทดลอง ค่า f หาได้จากกราฟการทดลอง ซึ่งเรียกว่า Moody diagram แต่จากการเปิดหาค่า f ต้องรู้ค่า N_{Re} และค่าอัตราส่วนของความขรุขระผนังท่อต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (ϵ/D) เสียก่อน

การหาค่าความดันลดและการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานจากสมการทั้งหมดที่กล่าวมานั้น อาจจะใช้หาค่าการสูญเสียกำลังงานที่เกิดจากความเสียดทานได้ โดยการเอาค่าอัตราการไหลของของเหลวในท่อ ไปคูณกับความดันลดหรือค่าการสูญเสียที่หาได้จากสมการดังกล่าว

$$\text{กำลังงาน} = YQh / (\text{ค่าคงที่}) \quad \text{มีหน่วยเป็น H.P. Watt หรือ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น กำลังงานสูญเสีย (power wasted)} &= YQhL / (\text{ค่าคงที่}) \\ &= \Delta P Q / (\text{ค่าคงที่}) \end{aligned}$$

2.17 อัตราการไหลและความเร็วของของเหลวในท่อทาง (flow rate and fluid velocity in pipe)

ปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า อัตราการไหล จึงเป็นหน่วยของปริมาตรต่อหน่วยของเวลา เช่น ลิตรต่อนาที (L.P.M), ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที, ลูกบาศก์นิ้วต่อวินาที (C.I.S), แกลลอนต่อนาที (G.P.M) และ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (C.F.M) และใช้สัญลักษณ์แทนอัตราการไหลว่า Q

จากสมการแห่งการไหลอย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่ เป็นของไหลที่ยุบตัวไม่ได้ (incompressible fluid) ซึ่งหมายถึง ของเหลวที่มีอัตราการไหลในท่อทางเท่ากับ ความเร็วของของเหลวในท่อทางคูณกับพื้นที่หน้าตัดของลำของเหลวที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล ซึ่งก็คือพื้นที่ท่อทางของพื้นที่หน้าตัดนั่นเอง ตามสมการ

$$Q = AV$$

$$V = Q/A$$

$$1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} = 1000 \text{ ลิตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ 1 ลิตรข้างานเพื่อก = 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc, cm³) ด้านการคำนวณการคำนวณ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1 \text{ แกลลอน} = 231 \text{ ลูกบาศก์นิ้ว (in}^3\text{)}$$

$$C.I.S. = \text{gpm} * 231 / 60$$

ส่วนความเร็วของเหลวในท่อทางจะเป็นความเร็วเฉลี่ยของของไหลที่ ไหลผ่านจุดใดจุดหนึ่ง หรือวัดเป็นระยะทางที่ของไหลเคลื่อนที่ต่อเวลา ซึ่งวัดเป็น เมตรต่อนาที (M/Min) เพราะเป็นการไหลของของไหลจริง ของไหลที่ติดกับผนังท่อจะมีความเร็วเป็นศูนย์ เนื่องจากความฝืดที่ผนังท่อ จากสมการจะเห็นได้ว่า ความเร็วจะแปรตรงข้ามกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ ถ้ารู้ขนาดของพื้นที่หน้าตัดและอัตราการไหล ก็สามารถรู้การเปลี่ยนแปลงของความเร็วตลอดการไหลในท่อ

ความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกในท่อเป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบวงจร เพราะแรงเสียดทานในท่อมักทำให้เกิดความดันลด

2.18 ความเร็วของอุปกรณ์ทำงาน (speed of actuator)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบในระบบสูบและความเร็วหมุนของมอเตอร์ไฮดรอลิก ขึ้นอยู่กับขนาดหรือปริมาตรความจุภายในตัวมันและอัตราการไหลของน้ำมัน ที่จะป้อนให้กับอุปกรณ์ ความเร็วของลูกสูบจะเป็นความเร็วในแนวเส้นตรง ส่วนความเร็วของมอเตอร์ไฮดรอลิกจะเป็นความเร็วในแนวหมุน

ดังนั้นความสัมพันธ์จะเป็นในรูปของ

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วของลูกสูบในระบบสูบ} &= \text{ปริมาตรป้อน} / \text{เวลาที่พื้นที่หน้าตัด} \\ &= \text{อัตราการป้อน} / \text{พื้นที่หน้าตัด} \end{aligned}$$

$$\text{ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิก} = \text{อัตราการป้อนพื้นที่หน้าตัด} / \text{ปริมาตรป้อนต่อรอบ}$$

จากสูตรจึงสรุปได้ว่า

1. แรงที่เกิดขึ้นในระบบสูบและแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์ไฮดรอลิกจะขึ้นอยู่กับความดัน
2. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของก้านสูบและความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ไฮดรอลิกจะขึ้นอยู่กับอัตราป้อนน้ำมันเข้าสู่อุปกรณ์ทั้งสอง โดยไม่สัมพันธ์และเกี่ยวกับความดันเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางทฤษฎี คำนวณได้จากขนาดความจุของปั๊มต่อรอบคูณกับความเร็วยรอบที่ปั๊มหมุน
ดังสมการ

$$Q_{Pทฤษฎี} = V_p N$$

ขนาดความจุของปั๊มคือ ปริมาตรจ่ายของปั๊ม (V_p) นั้นเอง เพราะปั๊มไฮดรอลิกเป็น
ปั๊มชนิดดูด-อัด คือ ดูดมาเท่าไรจะส่งออกไปเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติ อัตราการจ่ายน้ำมันของ
ปั๊มไม่สามารถดูดและจ่ายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดการสูญเสีย เนื่องจากระบบเบียดระ-
หว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในปั๊ม ฉะนั้นอัตราจ่ายจริงจึงต้องคิดประสิทธิภาพเชิงปริมาตร
 η_{Vp} ด้วย โดยต้องเอา η_{Vp} ไปคูณกับอัตราจ่ายทางทฤษฎีเพราะอัตราจ่ายจริงมีค่าน้อยกว่า
อัตราจ่ายทฤษฎี ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรนี้ไม่มีค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของปั๊มคือ
การเลือกใช้ขนาดของปั๊มให้สัมพันธ์กับความดันใช้งานในระบบ เพราะความดันในระบบยิ่งสูง
เท่าไร ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรก็ยิ่งลดลงเท่านั้น

$$Q_p = V_p N_p \eta_{Vp} / (\text{ค่าคงที่})$$

เมื่อ Q_p = อัตราการจ่ายน้ำมันจริงของปั๊มไฮดรอลิก มีหน่วยเป็น gpm, lpm

V_p = ปริมาตรจุหรือจ่ายของปั๊มต่อรอบ มีหน่วยเป็น in³/rev

N_p = ความเร็วรอบที่ปั๊มหมุน มีหน่วยเป็น rpm

η_{Vp} = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ตัวปั๊ม

ค่าคงที่ = ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อให้ได้หน่วย Q_p ตามต้องการ

2.20 อัตราป้อนน้ำมันแก่กระบอกสูบ(flow rate for hydraulic cylinder)

อัตราป้อนน้ำมัน ให้แก่กระบอกสูบ เพื่อได้ความเร็วตามต้องการหาได้จากสมการ

$$Q_c = A_c v_c / (\text{ค่าคงที่})$$

$$v_c = V_c / A_c t = S_c / t$$

เมื่อ Q_c = อัตราป้อนน้ำมัน ให้แก่กระบอกสูบ หน่วย gpm, lpm

A_c = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ หน่วย in², m²

v_c = ความเร็วของก้านสูบที่ต้องการ หน่วย in/min, m/min

เอกสารนี้เป็น v_c ปริมาตรความจุของกระบอกสูบ มีหน่วยเป็น in³, m³ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S_C = ระยะชักของก้านสูบที่เคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น in, m

t = เวลาที่ก้านสูบใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น sec, min

ค่าคงที่ = ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อให้ได้หน่วย Q_C ตามต้องการ

2.20 งานและกำลังงาน (work and power)

2.20.1 งานกล (mechanical work) หมายถึง ผลคูณแรงที่กระทำกับระยะทางที่แรงนั้นกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไป ดังสมการ

$$\text{งานกล} = \text{แรง (F)} \times \text{คูณ ระยะทางที่เคลื่อนที่ (S)}$$

งานกลของกระบอกลูกสูบ หมายถึง แรงที่ก้านสูบผลักดันหรือดึงให้ไหลดเคลื่อนที่ในแนวระดับหรือแนวตั้ง

$$\text{งานกลของกระบอกลูกสูบ} = F_{load} * S_{load}$$

งานกลของมอเตอร์ไฮดรอลิก หมายถึง แรงบิดหรือทอร์ค (torque) ที่ต้องการให้ไหลดหมุนเคลื่อนที่ไป

$$\text{ทอร์ค} = F_{load} * r$$

2.20.2 กำลังงานกล (mechanical power) หมายถึง ปริมาณของงานกลที่กระทำในระยะเวลาหนึ่ง ดังสมการ

$$\text{กำลังงานกล} = \text{งานกล} / \text{เวลา}$$

กำลังงานของไหลดที่ทำงานด้วยกระบอกลูกสูบ หมายถึง จำนวนกำลังงานที่กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกต้องเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกให้เป็นกำลังกลให้ได้เท่า จึงจะเกิดการทำให้ไหลดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามต้องการ

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น กำลังงานของไหลด} &= F_{load} * S_{load} / t \\ &= F_{load} * S_{load} / (\text{ค่าคงที่}) \end{aligned}$$

กำลังงานของไหลดที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฮดรอลิก หมายถึง จำนวนกำลังงานที่มอเตอร์ต้องเปลี่ยนกำลังงานกลให้ได้เท่า จึงจะเกิดการทำให้ไหลดหมุนด้วยความเร็วรอบ

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น กำลังงานกลของมอเตอร์ไฮดรอลิก} &= F_{load} * V_{load} / (\text{ค่าคงที่}) \\ &= F_{load} * 2\pi rN / (\text{ค่าคงที่}) \\ &= 2\pi rTN / (\text{ค่าคงที่}) \end{aligned}$$

เนื่องจากกำลังงานนั้น ไม่ว่าจะเป็กำลังงานกลหรือกำลังงานไฮดรอลิกนิยมวัดออกมาเป็กำลังม้าหรือแรงม้า (horse power หรือ H.P.) สามารถเปลี่ยนหน่วยของกำลังงานให้เป็นแรงม้าได้ดังนี้

$$\text{แรงม้า} = \text{กำลังงาน (H.P., Watt)} / \text{ค่าคงที่}$$

$$\begin{aligned} \text{แรงม้าสำหรับระบบอังกฤษ 1 H.P.} &= 33,000 \text{ ft.lb/min} \\ &= 550 \text{ ft.lb/sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แรงม้าสำหรับระบบเมตริก 1 H.P.} &= 4,500 \text{ kg.m/min} \\ &= 75 \text{ kg.m/sec} \end{aligned}$$

แต่แรงม้าสำหรับระบบ SI จะวัดออกมาในหน่วย Watt หรือ kW

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ N.m/sec}$$

$$1 \text{ kW} = 1\text{kN.m/sec}$$

เมื่อ F_{load} = น้ำหนักหรือภาระ (load) ของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น lb.N

S_{load} = ระยะทางที่ไหลเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น in,m

V_{load} = ความเร็วที่ไหลเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น in/min,m/min

T = แรงบิดที่ไหลต้องการ มีหน่วยเป็น lb-ft,N.m

N = ความเร็วรอบที่ไหลถูกขับให้หมุนไป มีหน่วยเป็น rpm

ค่าคงที่ = ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อ ให้มีหน่วยเป็น H.P.,kW

2.20.3 กำลังงานไฮดรอลิก (hydraulic power) หมายถึง ความดันใช้งาน

(working pressure) ในระบบที่เกิดขึ้นตามภาระของงานกล แล้วกระทำต่อพื้นที่ภายในห้องปริมาตรของอุปกรณ์การทำงาน จนได้แรงผลักดันให้ภาระของงานกลนั้นเคลื่อนที่ไป

$$\text{กำลังงานไฮดรอลิก} = \text{งานไฮดรอลิก} / \text{เวลา}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ = ความดันใช้งาน * ปริมาณน้ำมันที่ให้แก่อุปกรณ์ทำงาน / เวลา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= ความดันใช้งาน*อัตราการใช้ไอน้ำที่ป้อนให้แก่อุปกรณ์ทำงาน

หรือ กำลังงานไฮดรอลิก = PV/T

= $PQ/(ค่าคงที่)$

2.21 ข้อได้เปรียบของระบบไฮดรอลิก

ระบบไฮดรอลิกมีข้อได้เปรียบหลายประการดังนี้

1. ง่ายต่อการควบคุม เนื่องจากการส่งกำลังทำได้ในแนวตรงและหมุน เพียงแต่เปลี่ยนของไหลให้เป็นกำลังงานกลเพื่อทำงานที่ต้องการแรงผลักดันหรือบิดมาก ๆ ได้
2. การปรับเปลี่ยนความเร็วของลูกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกกระทำได้ง่าย สามารถปรับความเร็วได้ทุกระดับ โดยปรับที่วาล์วควบคุมอัตราการใช้ของน้ำมัน ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ได้ควรทำงานที่ความเร็วคงที่มากกว่า
3. แรงทวิคูณ ในระบบกลไกเราจะเพิ่มแรงแล้วส่งผ่านชุดเกียร์ รอก อื่น ๆ ทำให้ต้องเสียพลังงานไปจำนวนมาก แต่ในระบบไฮดรอลิกเราสามารถเพิ่มแรงเป็นทวิคูณได้ โดยไม่จำกัด และใช้ส่วนที่เคลื่อนที่เพียงเล็กน้อย
4. แรงคงที่ ระบบไฮดรอลิกสามารถจะให้แรงที่คงที่ได้โดยไม่จำกัดความเร็ว และยังให้ประสิทธิภาพสูง ถึงแม้ว่าในระบบจะมีการรั่วไหลแต่ความดันก็ยังคงที่
5. ตั้งขนาดของแรงที่ต้องการได้ เพราะปริมาณน้ำมันที่ความดันส่วนเกินจะไหลออกไปทางวาล์วจำกัดความดันหมด
6. การทำงานกลับทิศไปมา กระบอกสูบและมอเตอร์ไฮดรอลิกสามารถทำงานกลับทิศได้ไปมาโดยไม่ต้องหยุดรอ โดยอาศัยวาล์วควบคุมทิศทางการไหล ส่วนปัญหาการโอเวอร์โหลดขณะทำงานกลับทิศจะไม่มี เช่น ก้านสูบเลื่อนออกจนสุดระยะชักแล้ว แต่ปั๊มก็ยังคงส่งอัตราการใช้ไอน้ำไปในระบบ ความดันจะเพิ่มสูงขึ้นแต่จะถูกจำกัดโดยวาล์วปลดความดัน
7. ควบคุมการทำงานได้เที่ยงตรง แม่นยำ และถูกต้อง เพราะมีวาล์วที่จะคอยควบคุมทั้งความเร็วและความดัน
8. กระทัดรัด กินเนื้อที่ในการติดตั้งและน้ำหนักน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดกำลังเดียวกัน เช่น ปั๊มหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกขนาด 9 แรงม้า จะมีน้ำหนักเพียง 5 กิโลกรัม

ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 10 แรงม้า จะมีน้ำหนักกว่าหลายสิบกิโลกรัม

9. สามารถหยุดชะงัก เนื่องจากการรั่วโอเวอร์ได้นาน เมื่อไหลลดลงก็ทำงานต่อไปได้โดยทันที เนื่องจากไม่มีปัญหาจากพิวส์ขาดเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้า และเมื่อโอเวอร์ไหลได้นานระบบก็ยังทงได้ เนื่องจากมีวาล์วจำกัดความดันของน้ำมัน

10. ปลอดภัย ระบบไฮดรอลิกจะมีความปลอดภัยสูง แม้ว่าจะรับภาระไหลได้นาน ๆ เนื่องจากไม่มีการช็อคเหมือนระบบไฟฟ้า จึงทำให้ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบปัจจุบัน

2.22 สัญลักษณ์ต่าง ๆ

สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับระบบกำลังงานของไหล แบ่งออกได้ดังนี้

1. สัญลักษณ์สำหรับอุปกรณ์ในระบบท่อทาง (line and line functions)
2. สัญลักษณ์สำหรับปั๊ม (pumps)
3. สัญลักษณ์สำหรับมอเตอร์ในระบบกำลังงานของไหล (fluid motors)
4. สัญลักษณ์สำหรับกระบอกสูบ (cylinder, hydraulic or pneumatic)
5. สัญลักษณ์สำหรับวาล์ว (valves symbols) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ
 - 5.1 วาล์วควบคุมทิศทาง (direction control valve)
 - 5.2 วาล์วควบคุมความดัน (pressure control valve)
 - 5.3 วาล์วควบคุมอัตราการไหล (flow control valve)
6. สัญลักษณ์อื่น ๆ
7. สัญลักษณ์ของวิธีการบังคับให้วาล์วทำงาน (methods of valve actuations)
 - 7.1 แบบใช้กล้ามเนื้อ (manual type)
 - 7.2 แบบใช้กลไก (mechanical type)
 - 7.3 แบบใช้ไฟฟ้าหรืออำนาจแม่เหล็กกระทำโดยตรง (electrically operated or magnetic type)
 - 7.4 แบบใช้ความดันควบคุม (pilot pressure type)
 - 7.5 แบบวิธีผสม (combination type)

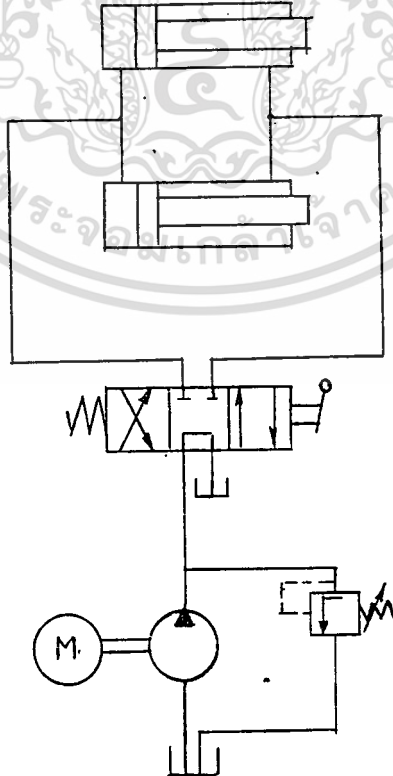
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

การคำนวณ 1. ระบบไฮดรอลิก

- อุปกรณ์
1. มอเตอร์ 3 เฟส 4.7 kw (5.5 Hp)
 2. ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก (gear pump) อัตราการส่งน้ำมัน (volume of flow) 12 inch/sec.
 3. วาล์วควบคุมความดัน (relief valve)
 4. วาล์วควบคุมทิศทาง แบบ มือโยก (4/2 D.C. valve)
 5. กระบอกไฮดรอลิก (cylinder) เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 m.m
ช่วงชัก (stroke) 100 m.m
 6. ถังพักน้ำมัน (fluid reservoir of hydraulic system)
ขนาด 88164 c.c
 7. ข้อต่อ, fare, ท่ออ่อน



การคำนวณหาความดัน

$$P_{an} = Q_p * P / 600 * n_t$$

$$n_t = n_v * n_m$$

เมื่อ P_{an} = กำลังขับปั๊ม (kW)

Q_p = อัตราการส่งน้ำมัน (l/min)

P = ความดัน (Pa)

n_v = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊ม (volumetric efficiency)

n_m = ประสิทธิภาพกลของปั๊ม (mechanical efficiency)

n_t = ประสิทธิภาพรวมของปั๊ม (overall efficiency)

จาก คุณสมบัติของอุปกรณ์

$$P_{an} = 4 \text{ kW}$$

$$Q_p = 12 \text{ l/min}$$

$$n_t = 0.85$$

$$P = P_{an} * 600 * n_t / Q_p$$

แทนค่า $P = 4 * 600 * 0.85 / 12$

$$= 170 \text{ Pa}$$

คำนวณหาแรง

$$F = P * A - F_f$$

$$t = h / v$$

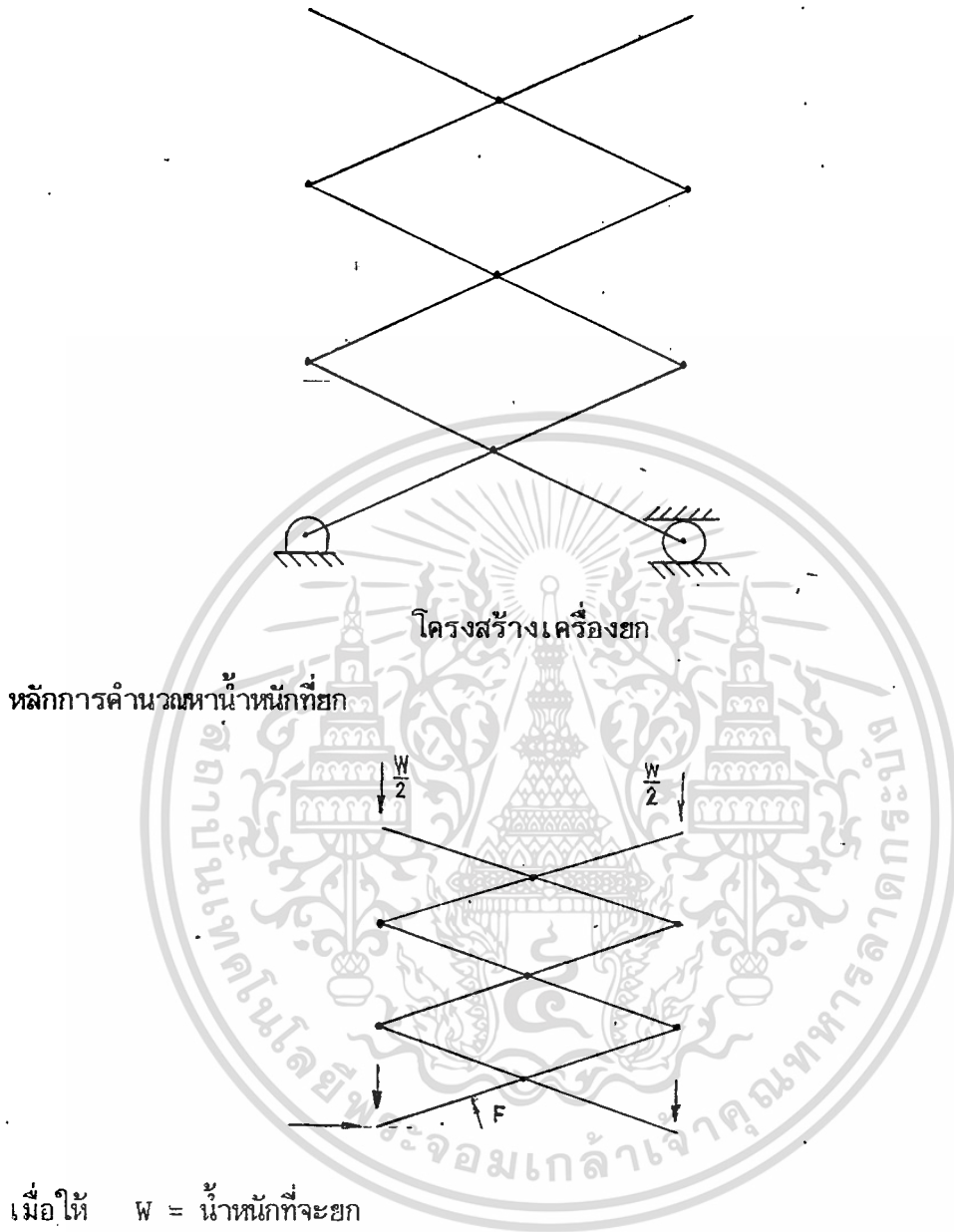
เมื่อ t = เวลาที่ใช้ในการทำให้กระบอกเคลื่อนที่เข้า-ออกจนสุด

$$h = \text{ช่วงชักของกระบอกสูบ} = 0.1 \text{ m.}$$

แทนค่า $t = 0.1 / 0.05094 = 1.963 \text{ sec.}$

ระบบกลไก (mechanism).

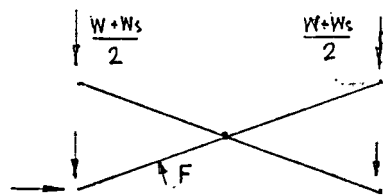
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



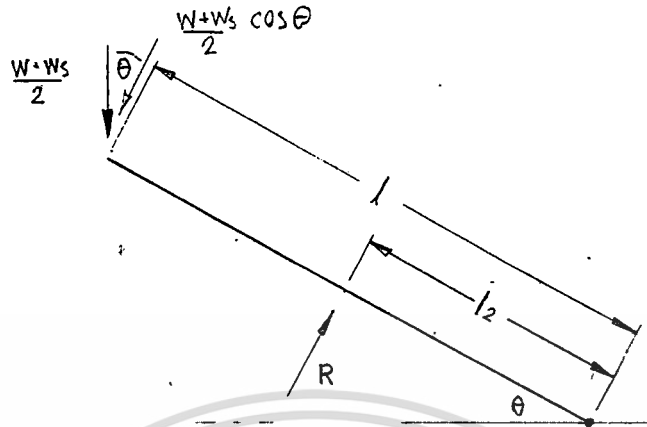
เมื่อให้ $W =$ น้ำหนักที่จะยก

$W_u =$ น้ำหนักของเครื่องยก

ดังนั้น แรงที่ต้องยก $= W + W_u$



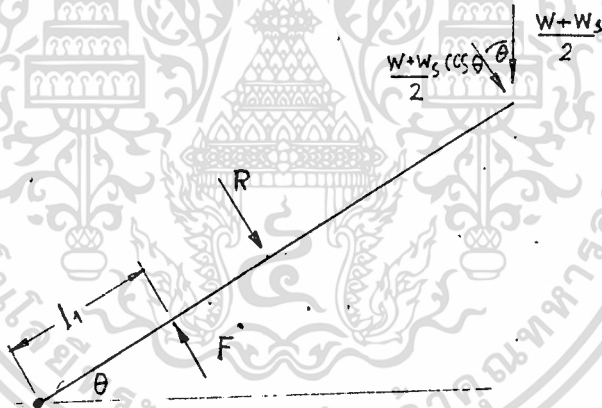
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



R เป็น แรงกระทำที่จุดหมุน

$$R * l_2 = (W+W_s) * \cos(\theta) * l/2$$

$$R = (W+W_s) * \cos(\theta) * l/2 * l_2$$



$$F * l_1 = R * l_2 + (W+W_s) * \cos(\theta) * l/2$$

แทนค่า R

$$F * l_1 = (W+W_s) * \cos(\theta) * l * l_2 / 2 * l_2 + (W+W_s) * \cos(\theta) * l/2$$

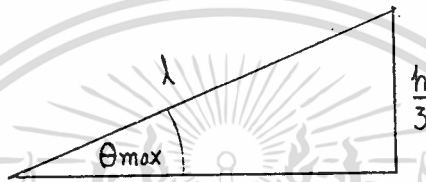
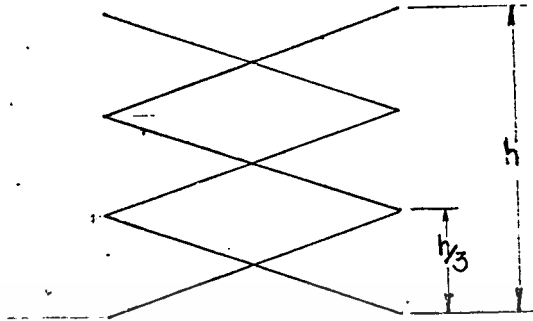
$$F * l_1 = (W+W_s) * \cos(\theta) * l$$

$$W = F * l_1 / \cos(\theta) * l - W_s$$

คำนวณหาจุดติดปลายกระบอบอกสูบไฮดรอลิก

ให้เครื่องสามารถยกกระบอบอกสูบได้สูงสุด h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$\sin(\theta) = h/3 * l$$

$$\theta_{max} = \sin^{-1}(h/3l)$$

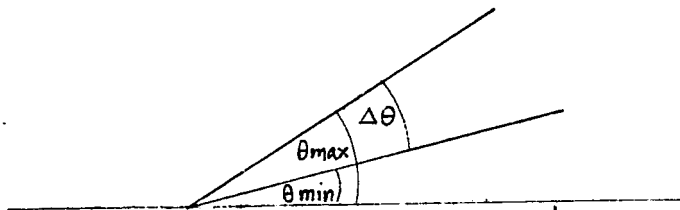
ระบบกลไก ในทางปฏิบัติ มุม θ จะต้องมากกว่าศูนย์ จึงหาได้จาก



l เป็นความยาวช่วงของเหล็กที่ใช้ทำ link

d เป็นความกว้างของเหล็กที่ใช้ทำ link

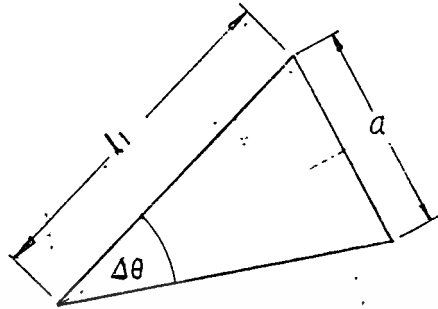
$$\theta_{min} = \sin^{-1}(d/l)$$



ดังนั้น มุมที่ link เคลื่อนที่หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ผลต่าง $\theta = \theta_{max} - \theta_{min}$
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกลูกสูบมีช่วงชัก a c.m.



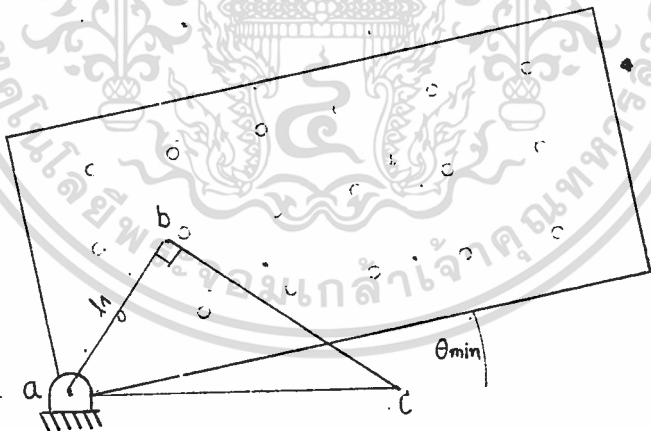
$$\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{a}{2l_1}$$

$$l_1 = \frac{a}{2\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

จะได้จุดติดปลายก้านกระบอกลูกสูบ ห่างจากจุดหมุน = l_1

การหาจุดติดกระบอกลูกสูบไฮโดรลิก

เพื่อเป็นการสะดวกในการติดกระบอกลูกสูบไฮโดรลิก และให้แรงจากกระบอกลูกสูบไฮโดรลิกกระทำต่อ link ได้มากที่สุด จึงต้องต่อ link เพิ่มขึ้น ซึ่งก็ยังคงเป็นเวกเตอร์ขึ้นเดียวกัน



- a เป็นจุดหมุน
- b เป็นจุดติดปลายก้านสูบกระบอกลูกสูบไฮโดรลิก
- c เป็นจุดติดกระบอกลูกสูบไฮโดรลิก
- l_1 เป็นความยาวระหว่างจุด a-b

ความยาวระหว่างจุด b-c เป็นความยาวทั้งหมดของกระบอกลูกสูบไฮโดรลิก

เอกสารเพื่อให้ได้แรงมากที่สุด เส้น a-b ต้องตั้งฉากกับเส้น b-c ที่มุมของ link เท่ากับ θ_{min}
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรารู้ค่า $a-b$ และ $b-c$ สามารถหาจุดตัดกระบอกไฮโดรลิก ($a-c$) ได้

$$ac^2 = ab^2 + bc^2$$

$$ac = \sqrt{ab^2 + bc^2}$$

จะได้จุดตัดตั้งกระบอกไฮโดรลิกห่างจากจุดหมุนเท่ากับ ac

ความสูง (เมตร) h	น้ำหนัก (กิโลกรัม) $W+W_s$	ระยะคิปลาย กระบอกไฮดรอลิก (เซนติเมตร), ac	มุม (องศา) θ_{max}
1.00	2238.20	37.07	15.65
1.10	2035.59	33.71	17.26
1.20	1873.44	31.03	18.80
1.30	1731.73	28.68	20.41
1.40	1607.14	26.62	22.07
1.50	1500.46	24.85	23.73
1.60	1402.26	23.22	25.51
1.70	1319.88	21.86	27.23
1.80	1243.20	20.59	29.06
1.90	1174.12	19.44	30.95
2.00	1111.74	18.41	32.90

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับน้ำหนัก

$P = 170 \text{ bar}$, เส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกไฮโดรลิก = 5 cm., $A = 19.63 \text{ cm}^2$

F_p เป็นแรงจากแรงเสียดทานให้เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ของ $P \cdot A$

$$F = 170 \times 19.63 - 0.1(170 \times 19.63)$$

$$= 30004.1 \text{ N}$$

ตั้งขึ้นกระบอกไฮโดรลิกทั้งสองกระบอกสร้างแรงได้เท่ากับ $30004.1 \times 2 = 60008.2 \text{ Kg}$

เอกสารซึ่งนำแรงที่ได้ไปคำนวณหาตัวต่างๆได้ ตามตารางข้างบนนั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

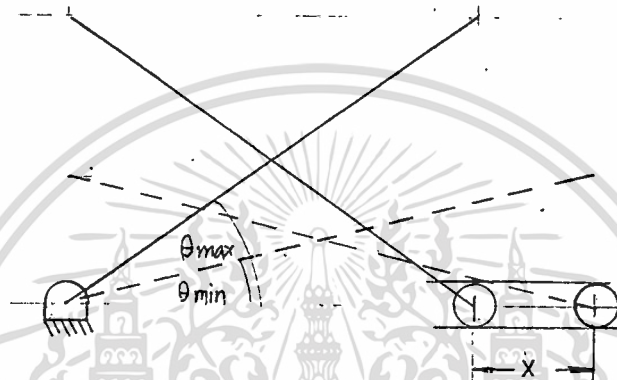
ใน project นี้ วิศวกรรมการสูงสุดที่ 130 cm. จากตารางน้ำหนักที่ยกได้เท่ากับ 1731 Kg.

ในการสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทานของระบบกลไกเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก

น้ำหนักที่ยกได้เท่ากับ $0.80 \times 1731 = 1384.8 \text{ Kg.}$

เครื่องยังต้องยกน้ำหนัก ของเครื่องเองประมาณ 400 Kg.

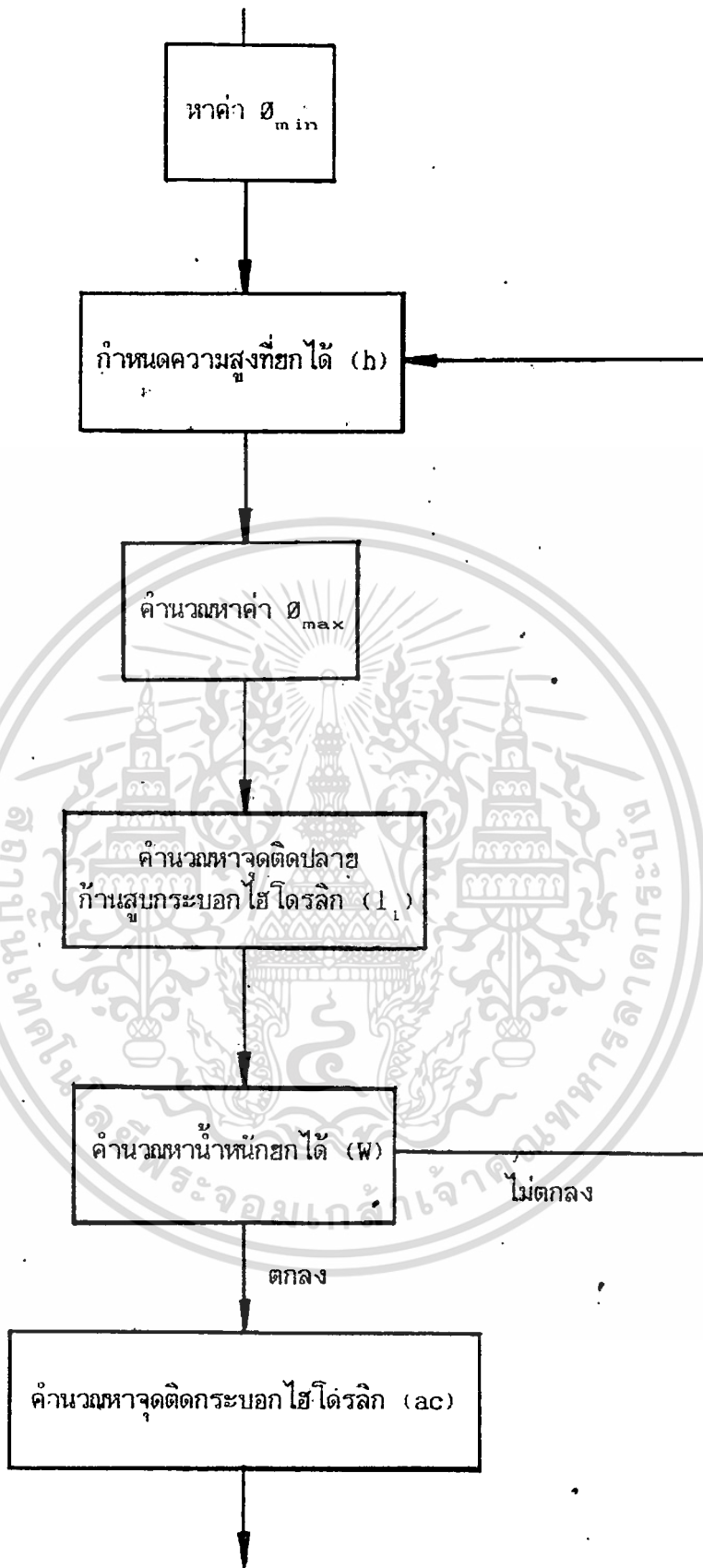
น้ำหนักที่ยกได้เท่ากับ $1384.8 - 400 = 984.8 \text{ Kg.}$



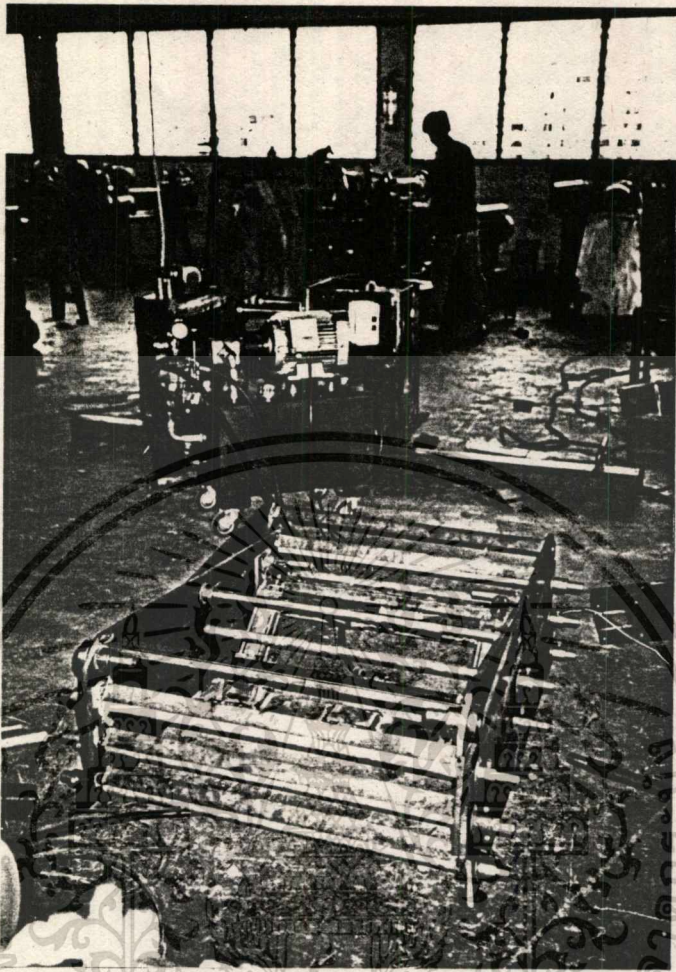
เนื่องจากขณะที่ยกปลายด้านหนึ่งของ link จะเคลื่อนไปตามร่องเป็นระยะเท่ากับ x

cm. ดังรูปข้างบน

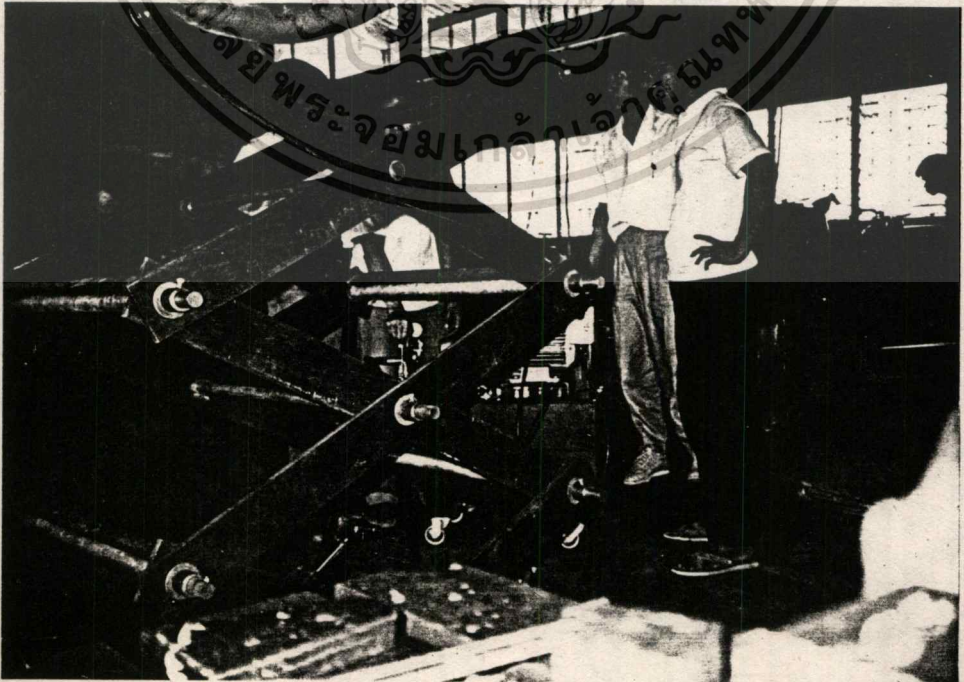
$$X = l + (\cos(\theta_{max}) - \cos(\theta_{min}))$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ขั้นตอนการคำนวณระบบกลไกเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



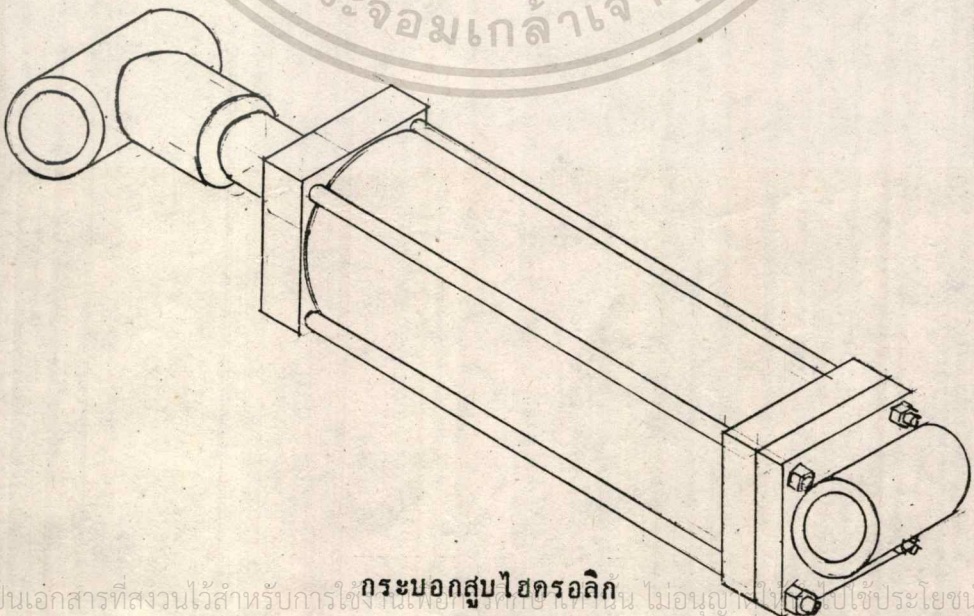
ภาพถ่าย เครื่องมียกสิ่งของกับดั่งน้ำมันไฮดรอลิก



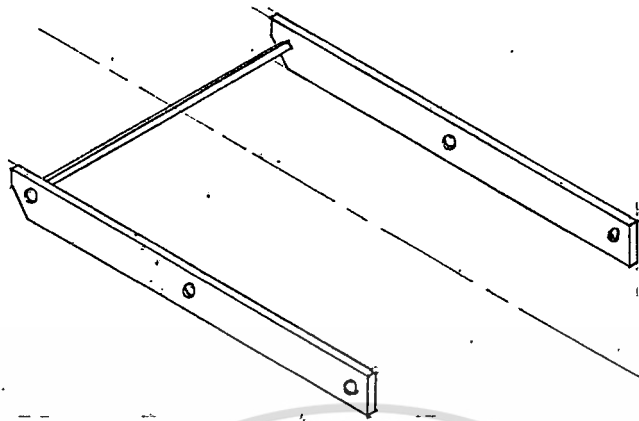
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



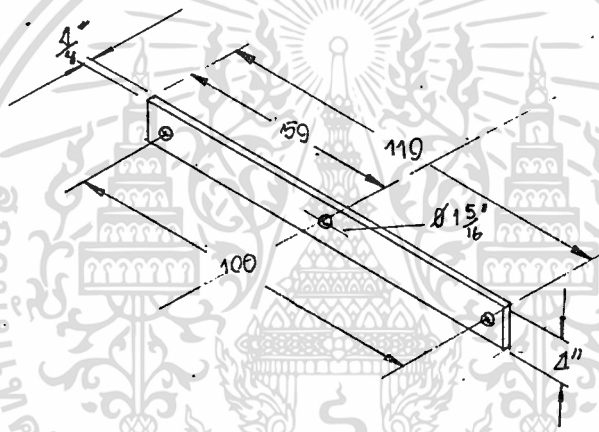
ภาพถ่าย เครื่องมือยกสิ่งของอีกมุมหนึ่งขณะเคลื่อนที่ขึ้น



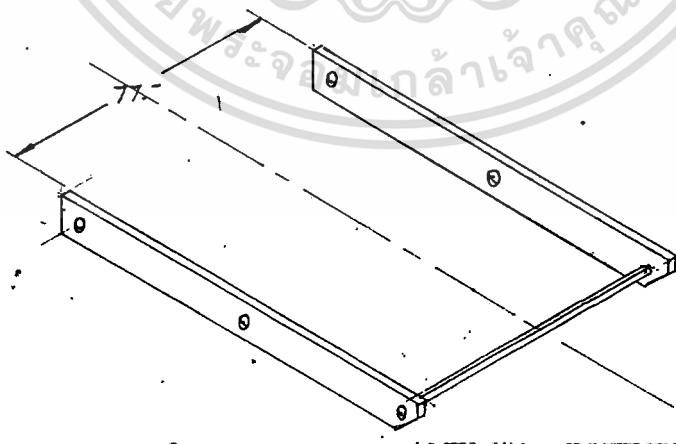
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้**กระบอกลูกสูบไฮดรอลิก** ไม่นอญไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คานอกชั้นบน

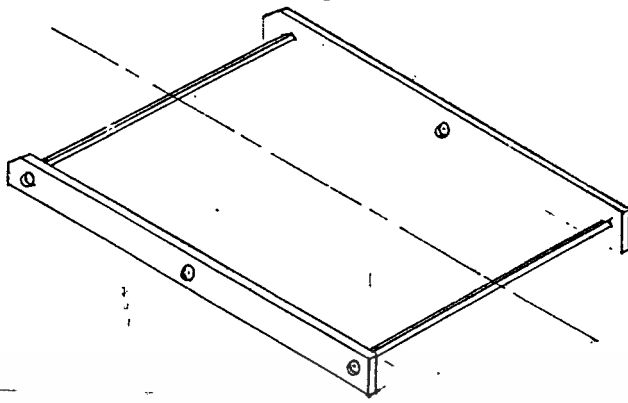


ชั้นกลาง-นอก

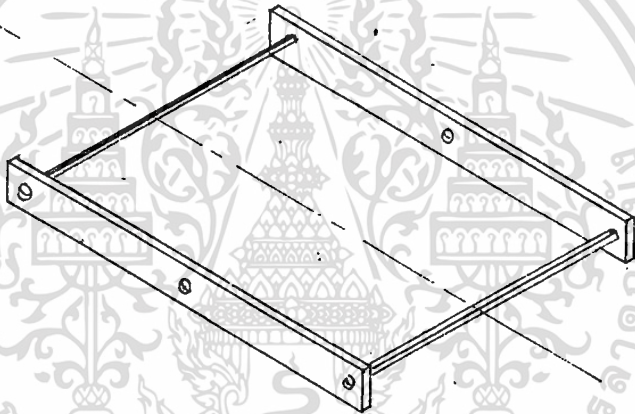


ชั้นกลาง-นอก

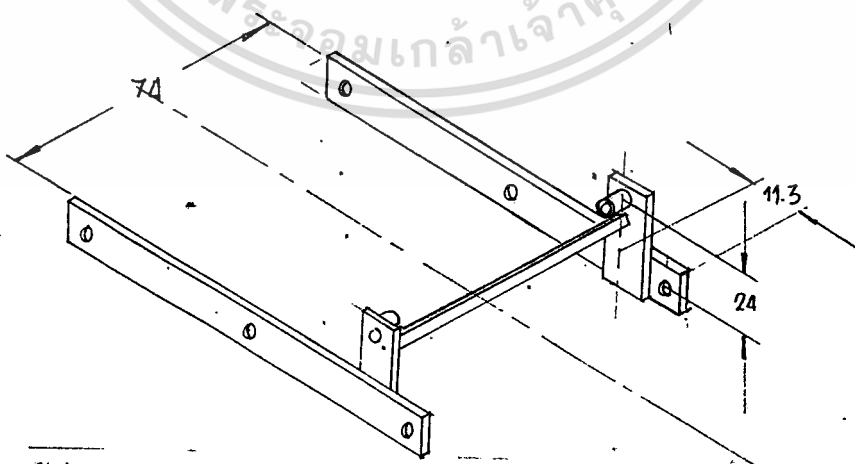
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชั้นบน-ใน

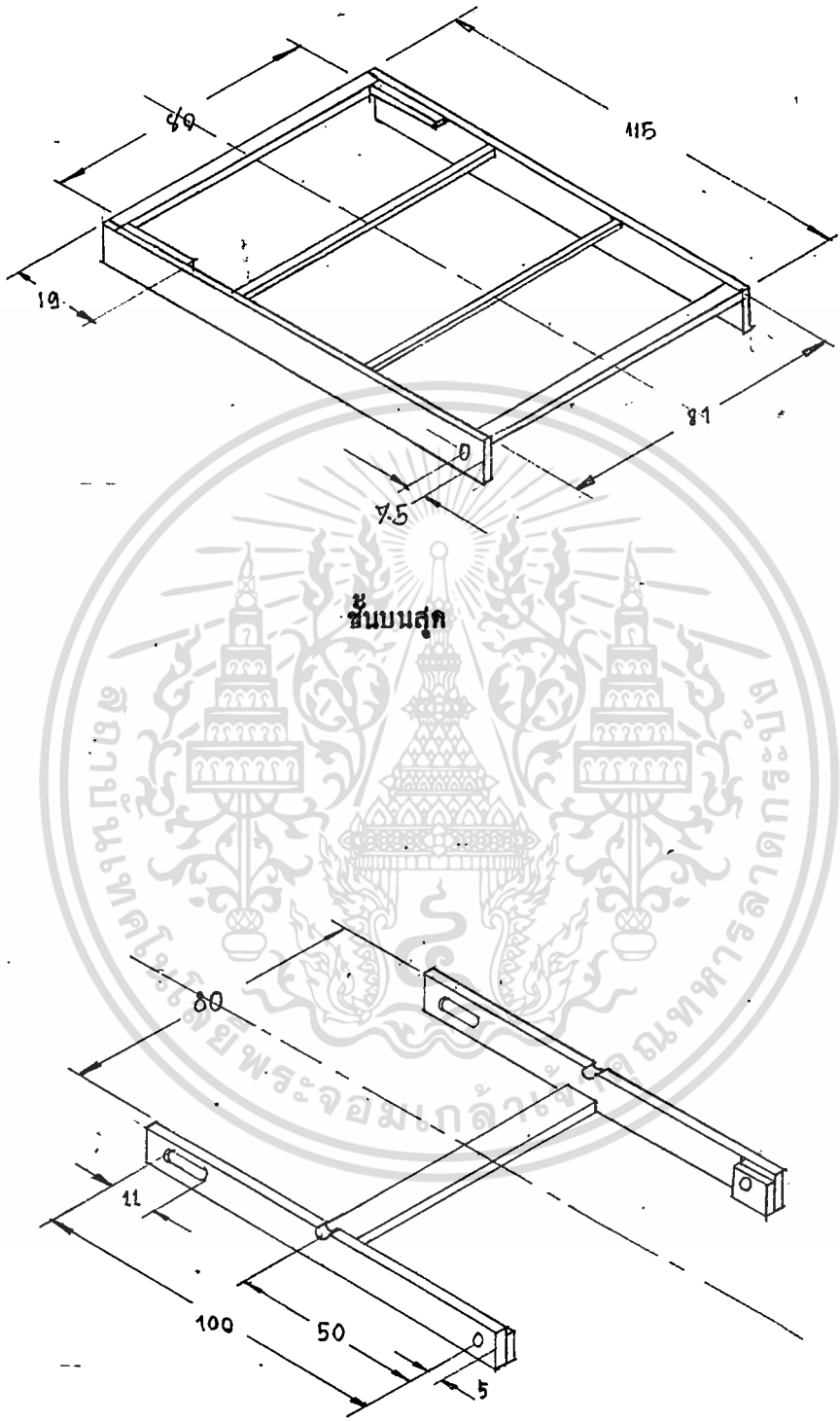


ชั้นกลาง-ใน



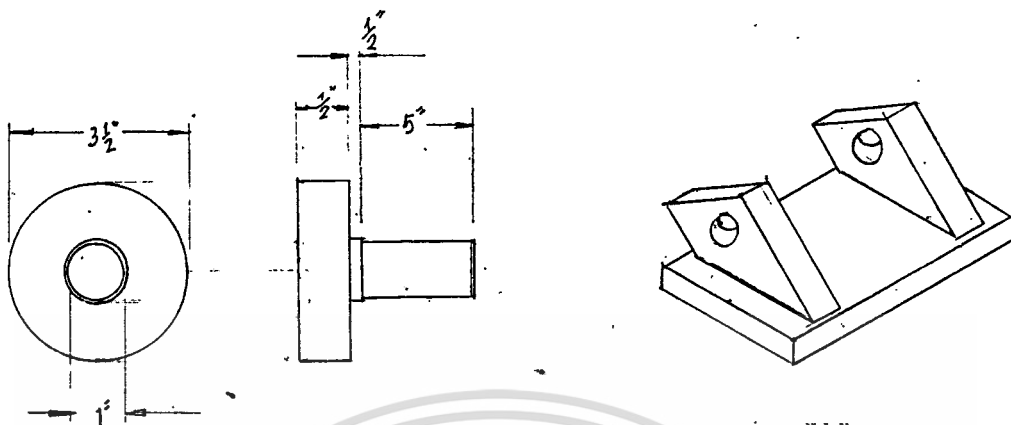
ชั้นล่าง-ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



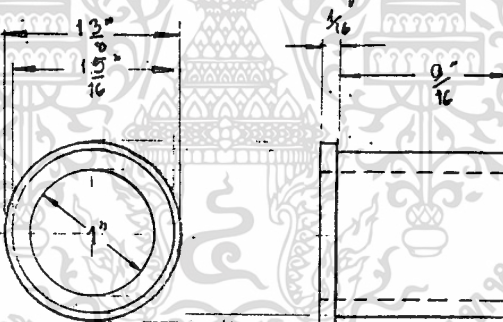
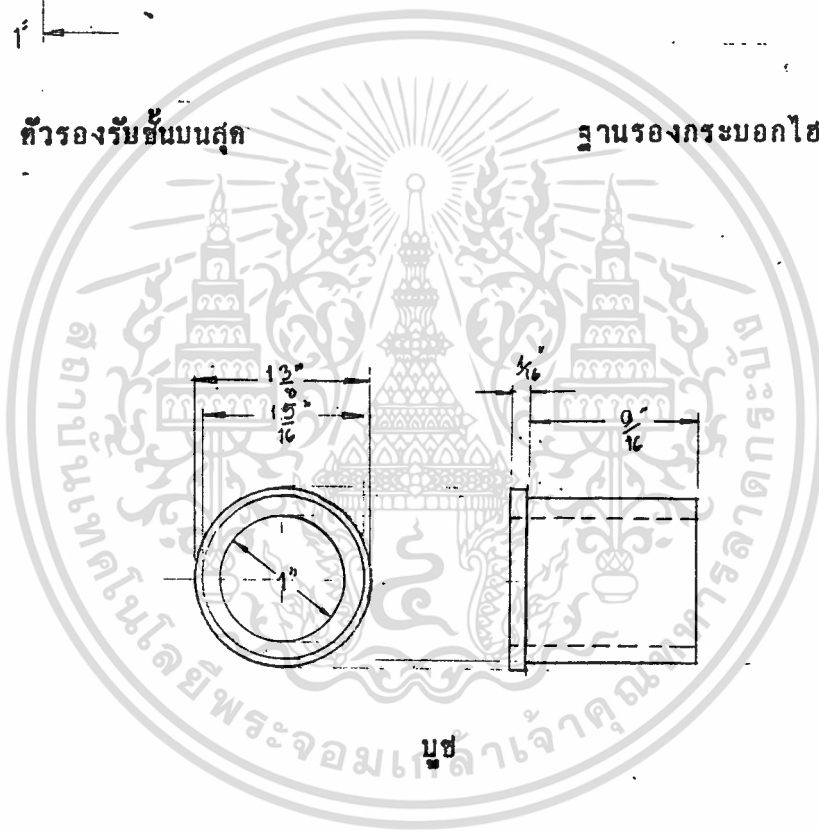
ฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

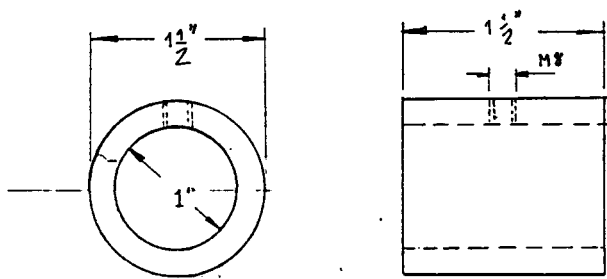


ตัวรองรับชิ้นบนสุด

ฐานรองกระบอกลไฮดรอลิก



บุช



ตัวยึดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

4.1.1 เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องมือยกสิ่งของด้วยระบบไฮดรอลิกมีความสามารถในการยกน้ำหนักได้มากที่สุดเท่าไรและยกได้สูงสุดเท่าไร

4.1.2 เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องมือยกสิ่งของด้วยระบบไฮดรอลิก ขณะที่ยกอยู่ที่ระดับความสูงต่างๆนั้นมีความราบเรียบหรือไม่

4.1.3 เพื่อตรวจสอบความบกพร่องอื่นๆ เช่น การรั่วซึมของน้ำมันไฮดรอลิกที่ข้อต่อต่างๆ เป็นต้น

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 วัดความดันที่ปั๊มไฮดรอลิกสร้างได้

4.2.2 วัดความสูงที่สูงที่สุดที่เครื่องมือนี้ยกได้

4.2.3 ตรวจสอบความเร็วที่เครื่องมือนี้ทำงาน

4.2.4 ตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนที่ของเครื่องมือนี้

4.2.5 ทดลองหาน้ำหนักที่ยกได้

4.2.6 ตรวจสอบการรั่วซึมที่ข้อต่อต่างๆ

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ความดันที่ปั๊มไฮดรอลิกสร้างได้เท่ากับ 170 บาร์

4.3.2 ความสูงที่สูงที่สุดที่เครื่องมือนี้สามารถยกได้คือ 130 เซนติเมตร

4.3.3 การเคลื่อนที่ขึ้นลงของเครื่องมือนี้จะขึ้นลงเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับการโยกควาล์วมือโยก กล่าวคือ ถ้าโยกควาล์วมือโยกไปมาก ก็จะทำให้เครื่องมือนี้ถูกยกขึ้นหรือลงเร็วแต่ถ้าโยกควาล์วมือโยกไปน้อย ก็จะทำให้เครื่องมือนี้ถูกยกขึ้นหรือลงช้า

4.3.4 การเคลื่อนที่ของเครื่องมือนี้ ขณะที่เริ่มยกน้ำหนักให้สูงขึ้นนั้นจะเคลื่อนที่ขึ้นไม่พร้อมกัน กล่าวคือ ข้างใดข้างหนึ่งของเครื่องมือนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นก่อน

4.3.5 เมื่อทดลองยกน้ำหนัก ที่น้ำหนักน้อยกว่า 500 กิโลกรัม เครื่องสามารถยกน้ำหนัก ขึ้น-ลง ได้โดยไม่มีปัญหา ที่น้ำหนักมากกว่า 300 กิโลกรัม เครื่องสามารถยกน้ำหนักได้ แต่ต้องเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วค่อนข้างมาก ถ้าเคลื่อนที่ขึ้นช้าๆ เครื่องจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนขึ้นไปหยุดที่ความสูงประมาณ 60 เซนติเมตร และถ้าหากเครื่องยกเลขจุดนี้แล้ว เครื่องจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นได้จนสุด ไม่ว่าจะที่ความเร็วสูงหรือความเร็วค่าก็ตาม

4.3.6 ขณะที่ทำการทดลองยกน้ำหนัก เริ่มแรกเมื่อยกน้ำหนักน้อยตรวจสอบไม่พบ การรั่วซึมของน้ำมันไฮดรอลิก แต่ถ้าเมื่อยกน้ำหนักมากขึ้นจะพบว่ามี การรั่วซึมของน้ำมันไฮดรอลิกที่ข้อต่อระหว่างวาล์วมือโยกกับสายไฮดรอลิกที่ส่งน้ำมันไฮดรอลิกไปยังกระบอกลูกสูบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

บทนี้จะกล่าวถึงจุดบกพร่องหรือข้อผิดพลาดที่ควรแก้ไข ปรับปรุง ถ้าหากมีโอกาสได้สร้างเครื่องมือขึ้นมาอีก

ปัญหาประการแรกที่พบคือ เหล็กที่นำมาใช้ทำเครื่องมือนี้มีความโค้ง ไม่ตรง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการประกอบ เมื่อประกอบเสร็จแล้วอาจเกิดการงัด ทำให้มีแรงเสียดทานเกิดขึ้นมาก

ปัญหาความไม่แข็งแรง เมื่อทำการทดลองครั้งแรกขณะยกขึ้น เหล็กที่ใช้ประกอบมีการโคลงเคลงไม่มั่นคง เนื่องจากเหล็กที่ใช้ประกอบมีหน้าสัมผัสระหว่างบุชกับเพลาน้อยไปแก้ไขโดยการเสริมต่อเหล็กทรงกระบอกเข้าไปทั้งสองข้างของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำเครื่องมือนี้ แต่การแก้ไขจริงในปริญญานิพนธ์นี้ วิธีที่กล่าวมาแล้วไม่เหมาะสมเพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลามาก ดังนั้นจึงแก้ไขโดยใช้เหล็กฉากเชื่อมยึดแผ่นเหล็กทั้งสองข้างเข้าด้วยกันเพื่อบังคับแผ่นเหล็กทั้งคู่ให้เคลื่อนที่ไปพร้อมๆกัน ทำให้การโคลงเคลงเกือบจะไม่เกิดขึ้นเลย

ปัญหาความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง จากการทดลองพบว่าการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงโดยควบคุมการโยกควาล์วมือโยกนั้นทำได้ยากมาก เนื่องจากความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงจะต้องใช้ที่ความเร็วต่ำเพราะที่ความเร็วสูง เมื่อเกิดการหยุดกระทันหันจะทำให้มีการกระแทกอาจสร้างความเสียหายให้แก่เครื่องมือนี้ได้ ดังนั้นควรติดตั้งวาล์วควบคุมการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก เพื่อจะได้ปรับอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงอยู่ในค่าที่เหมาะสม















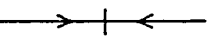
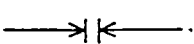
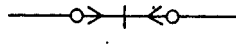
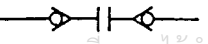
ปัญหาการเคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน จากการทดลองพบว่าเมื่อเริ่มเคลื่อนที่ ทั้งสองข้างจะเคลื่อนที่ไม่พร้อมกัน โดยข้างใดข้างหนึ่งจะเคลื่อนที่ก่อน เพราะว่าเกิดจากกระบอกไฮดรอลิกทั้งสองข้างมีความเสียดทานไม่เท่ากัน เราสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แย่งน้ำมันไฮดรอลิก เพื่อให้กระบอกสูบทั้งคู่ได้รับความดันเท่าๆกัน ทำให้การเคลื่อนที่ของก้านสูบ เกิดขึ้นพร้อมกัน

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้








สัญลักษณ์สำหรับอุปกรณ์ในระบบท่อทาง

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	ท่อใช้งาน	line, working
	ท่อควบคุม	line, pilot
	ท่อระบายน้ำมัน	line, drain
	ข้อต่อท่อ	connector
	ท่ออ่อน	line, flexible
	ทิศทางการไหลของลม	direction of flow (air)
	ทิศทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก	direction of flow (hydraulic)
	ท่อคร่อมกัน	line, crossing
	ท่อต่อกัน	line, joining (tee, cross, etc.)
	ท่อถูกอุดตัน	plugged port
	คอขวดแบบปรับไม่ได้	restriction, fixed
	ท่อน้ำมันไหลกลับถึงพัก ปลายท่ออยู่เหนือระดับน้ำมัน	line to reservoir above fluid
	ท่อน้ำมันไหลกลับถึงพัก ปลายท่ออยู่ต่ำกว่าระดับน้ำมัน	line to reservoir below fluid
	ท่อระบายร่วม	line to vented manifold
	คัปปลิงต่อท่อทางชนิดถอดง่าย แบบไม่มีเช็ควาล์ว กำลังต่อกันอยู่ 2 ตัว	quick disconnect without check connected
	คัปปลิงต่อท่อทางชนิดถอดง่าย แบบไม่มีเช็ควาล์ว ไม่ได้ต่อกัน	quick disconnect without check disconnected
	คัปปลิงต่อท่อทางชนิดถอดง่าย แบบมีเช็ควาล์ว กำลังต่อกันอยู่ 2 ตัว	quick disconnect with two checks connected
	คัปปลิงต่อท่อทางชนิดถอดง่าย แบบมีเช็ควาล์ว ไม่ได้ต่อกัน	quick disconnect with two checks disconnected

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปให้ใครโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์สำหรับปั๊ม

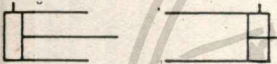
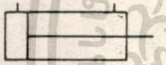
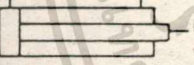
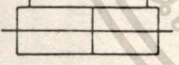
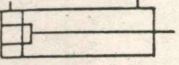
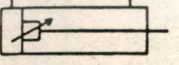
สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	ปั๊มไฮดรอลิกแบบส่งอัตราการไหลคงที่ปรับค่าไม่ได้ มีทิศทางการไหลทางเดียว	fixed displacement hydraulic pump
	ปั๊มไฮดรอลิกแบบส่งอัตราการไหลคงที่ ปรับค่าไม่ได้มีทิศทางการไหลสองทาง	fixed displacement hydraulic pump flow in two directions
	ปั๊มไฮดรอลิกแบบปรับค่าอัตราการไหลได้ มีทิศทางการไหลทางเดียว	variable displacement hydraulic pump
	ปั๊มไฮดรอลิกแบบปรับค่าอัตราการไหลได้ มีทิศทางการไหลสองทาง	variable displacement hydraulic pump flow in two directions
	ปั๊มไฮดรอลิกแบบปรับค่าอัตราการไหลได้ มีการชดเชยความดันและไหลทางเดียว	variable displacement pressure compensated hydraulic pump
	เครื่องอัดอากาศและเครื่องเป่าลม (โบลเวอร์)	compressor and blower
	ปั๊มสุญญากาศ หรือ เครื่องดูดลม	vacuum pump

สัญลักษณ์สำหรับมอเตอร์ในระบบกำลังงานของไหล

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบปรับค่าไม่ได้ หมุนได้ทิศทางเดียว	fixed displacement hydraulic motor one direction
	มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบปรับค่าไม่ได้ หมุนได้สองทิศทาง	fixed displacement hydraulic motor two direction
	มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบปรับค่าได้ หมุนได้ทิศทางเดียว	variable displacement hydraulic motor one direction
	มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบปรับค่าได้ หมุนได้สองทิศทาง	variable displacement hydraulic motor two direction
	ปั๊มหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก เมื่อหมุนให้น้ำมันไหลไปทางหนึ่งจะเป็นปั๊มถ้าป้อนน้ำมันเข้าด้านตรงข้ามจะเป็นมอเตอร์	variable displacement hydraulic pump-motor
	อุปกรณ์ให้กำลังงานแบบหมุนแกว่ง หมุนได้สองทิศทาง ทิศทางละ 180° (มอเตอร์ไฮดรอลิกแบบหมุนแกว่ง)	oscillating hydraulic actuator
	อุปกรณ์ให้กำลังงานแบบหมุนแกว่ง หมุนได้สองทิศทาง ทิศทางละ 180° (มอเตอร์ลมแบบหมุนแกว่ง)	oscillating pneumatic actuator
	มอเตอร์ลมหมุนได้ทิศทางเดียว	pneumatic motor one direction
	มอเตอร์ลมหมุนได้สองทิศทาง	pneumatic motor two direction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์สำหรับกระบอกสูบ

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว	single acting cylinder
	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง มีก้านสูบเดียว	double acting cylinder single end rod
	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง ก้านไม่เท่ากัน	double acting cylinder differential rod
	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง มี 2 ก้านสูบ	double acting cylinder double end rod
	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง มีก้นกระแทกยึดที่หัวท้าย	double acting cylinder fixed cushions both ends
	กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง มีชุดก้นกระแทกปรับค่าได้	double acting cylinder adjustable cushion advance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์สำหรับวาล์ว

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	วาล์ว (วาล์ว 1 ตำแหน่ง, 2 ตำแหน่ง และ 3 ตำแหน่ง)	basic valve envelope
	ช่องต่อ หรือรูต่อของวาล์ว	ports
	ช่องต่อภายในวาล์วปิด ไม่ต่อกัน	ports, internally blocked
	ช่องต่อภายในวาล์วเปิด ต่อกัน	flow paths, internally open
	วาล์วปิด-เปิด	manual shut off valve
	วาล์วปิด-เปิดอยู่ในตำแหน่งปิด	on-off valve (off)
	วาล์วปิด-เปิดอยู่ในตำแหน่งเปิด	on-off valve (on)
	วาล์วกันกลับ (เช็ควาล์ว)	check valve
	วาล์วกันกลับชนิดยอมให้น้ำมันไหลย้อนทางได้เมื่อมีสัญญาณความดันมาควบคุม แบบบังคับให้เปิดได้	pilot operated check valve (operated to open)
	วาล์วกันกลับแบบบังคับให้ปิดได้	pilot operated check valve (operated to close)

วาล์วควบคุมทิศทาง		
สัญลักษณ์	ชื่อ	ทิศทาง
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 2 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด	two-position, two way valve (2/2 d.c.v.) normally closed
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 2 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิด	two-position, two way valve (d.c.v.) normally open
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด	three-way valve two-position (3/2 d.c.v.) normally closed
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิด	three-way valve two-position (3/2 d.c.v.) normally open
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง	four-way valve two-position (4/2 d.c.v.)
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง	five-way valve two-position (5/2 d.c.v.)
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางปิดหมด	four-way valve three-position (4/3 d.c.v.)
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งกลางเปิดหมด	ports open in neutral four-way valve three-position (4/3 d.c.v.) ports open in neutral
	วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4 ทิศทาง 3 ตำแหน่ง ช่องต่อคู่หนึ่งต่อถึงกัน อีกคู่หนึ่งถูกปิด	four-way valve three-position (4/3 d.c.v.) tandem center

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคำร้นำไปใช้

วาล์วควบคุมความดัน		
สัญลักษณ์	ชื่อ	ทาบ
	วาล์วควบคุมความดันแบบปกติปิด	infinite position normally closed
	วาล์วควบคุมความดันแบบปกติเปิด	infinite position normally open
	วาล์วควบคุมความดันแบบทำงานด้วยท่อควบคุมจากภายใน (แบบกระทำโดยตรง)	relief valve internal pilot type (direct acting type)
	วาล์วปลดความดันแบบทำงานด้วยท่อควบคุมจากภายนอก (แบบกระทำโดยทางอ้อม)	relief valve external pilot type (pilot operated type)
	วาล์วนิรภัยในระบบนิวแมติกแบบทำงานด้วยท่อควบคุมจากภายใน (แบบกระทำโดยตรง)	safety valve for pneumatic internal pilot type (direct acting type)
	วาล์วนิรภัยในระบบนิวแมติกแบบทำงานด้วยท่อควบคุมจากภายนอก	safety valve for pneumatic external pilot type
	วาล์วลดภาระทำงานโดยท่อควบคุมจากภายนอก ระบายน้ำมันภายในวาล์ว	unloading valve external pilot internal drained remotely operated
	วาล์วจัดลำดับการไหลตามความดันทำงานโดยท่อควบคุมภายในโดยตรง ระบายน้ำมันภายนอกวาล์ว	sequence valve directly operated internal pilot external drained
	วาล์วจัดลำดับการไหลตามความดันทำงานโดยท่อควบคุมจากภายนอก ระบายน้ำมันภายนอกวาล์ว	sequence valve external pilot external drained
	วาล์วสมดุลแบบระบายน้ำมันภายนอก	balancing valves (pressure reducing and relieving valves) external drain type
	เบรกวาล์ว	brake valves

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า










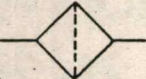
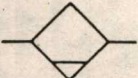
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วควบคุมความดัน (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	วาล์วจัดลำดับการไหลตามความดันแบบมีเช็ควาล์ว ทำงานโดยท่อควบคุมภายในโดยตรง ระบายน้ำมันภายในวาล์ว	sequence and check valve internal pilot external drained
	วาล์วจัดลำดับการไหลตามความดันแบบมีเช็ควาล์ว ทำงานโดยท่อควบคุมจากภายนอก ระบายน้ำมันภายในวาล์ว	sequence and check valve external pilot external drained
	วาล์วกันตกหรือวาล์วคุมน้ำหนักมีเช็ควาล์วอยู่ภายใน ทำงานโดยท่อควบคุมภายใน ระบายน้ำมันภายในวาล์ว	counter balance valve with integral check internal pilot internal drained
	วาล์วกันตก หรือวาล์วคุมน้ำหนักมีเช็ควาล์วอยู่ภายใน ทำงานโดยท่อควบคุมจากภายนอก ระบายน้ำมันภายในวาล์ว	counter balance valve with integral check external pilot internal drained
	อันโหลดดิ่งรีลิววาล์ว วาล์วปลดความดันชนิดใช้ลดภาระของระบบมีเช็ควาล์วอยู่ภายใน	unloading relief valve
	วาล์วลดความดัน	pressure reducing valve
	วาล์วลดความดันแบบมีท่อควบคุมจากภายนอก	pressure reducing valve using remote control port
	วาล์วลดความดันแบบมีเช็ควาล์วอยู่ภายใน	pressure reducing valve with intergal check valve
	วาล์วปรับความดันลมแบบมีระบาย	airline pressure regulator (pressure reducing valve)
	วาล์วสมดุลแบบระบายน้ำมันภายใน	balancing valves (pressure reducing and relieving valves) internal drain type


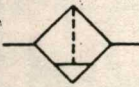



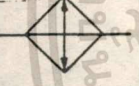

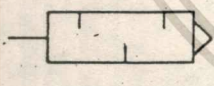
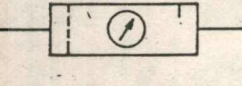
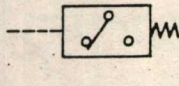
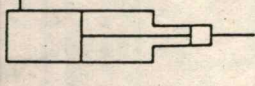
วาล์วควบคุมอัตราการไหล		
สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	วาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับค่าได้ควบคุมได้ 2 ทิศทาง ไม่มีการชดเชย	non compensated flow control valve
	วาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับค่า ได้ควบคุมได้ทางเดียว มีเช็ควาล์ว อยู่ภายใน	non compensated flow control valve with integral check
	วาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับ ค่าได้ มีการชดเชยความดัน ไหลย้อนทางไม่ชดเชย	pressure compensated flow control valve
	วาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับค่า ได้ควบคุมได้ทางเดียว มีการชดเชย ความดัน มีเช็ควาล์วอยู่ภายใน	pressure compensated flow control valve with integral check
	วาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับ ค่าได้ มีการชดเชยอุณหภูมิและ ความดัน ไหลย้อนทางไม่ชดเชย	temperature and pressure compensated flow control valve
	วาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับ ค่าได้ควบคุมได้ทางเดียว มีการ ชดเชยอุณหภูมิและความดัน มีเช็ค วาล์วอยู่ภายใน	temperature and pressure compensated flow control valve with integral check
	วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบมี วาล์วปลดความดันประกอบภายใน	flow control and relief valve (power saving valve) valve
	วาล์วแบ่งน้ำมัน	flow divider valve
	วาล์วหน่วงการเคลื่อนที่ แบบปกติเปิด	deceleration valve normally open type
	วาล์วหน่วงการเคลื่อนที่ แบบปกติปิด	deceleration valve normally closed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	เกจวัดความดัน	pressure gage
	เกจวัดอุณหภูมิ	temperature gage
	เครื่องวัดอัตราการไหล	flow meter (flow rate)
	มอเตอร์ไฟฟ้า	electric motor
	เครื่องยนต์สันดาปภายใน	internal combustion engine
	ถังสะสมพลังงาน แบบใช้สปริง	accumulator, spring loaded
	ถังสะสมพลังงาน แบบใช้แก๊ส	accumulator, gas charged
	แหล่งต้นกำลังในระบบไฮดรอลิก หรือแหล่งจ่ายน้ำมัน	pressure source (for hydraulic system)
	แหล่งต้นกำลังในระบบนิวแมติก หรือแหล่งจ่ายลม	pressure source (for pneumatic system)
	ฟิลเตอร์ หรือสเตรนเนอร์ หม้อกรอง สำหรับระบบไฮดรอลิก	filter or strainer (for hydraulic system)
	ตัวแยกน้ำ ระบายน้ำด้วยมือ	separator manual drain

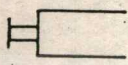
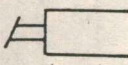
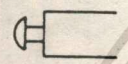



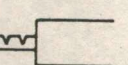
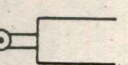
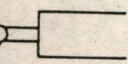
สัญลักษณ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

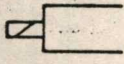
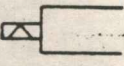
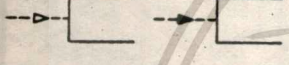
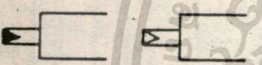


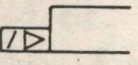
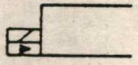
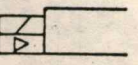
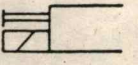
สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
	ตัวแยกน้ำ ระบายน้ำโดยอัตโนมัติ	separator automatic drain
	ฟิลเตอร์ (กรองลมอัด) สำหรับระบบนิวแมติก มีที่ระบายน้ำแบบใช้มือช่วยระบาย	filter with water drainer manual type (for pneumatic system)
	ฟิลเตอร์ (กรองลมอัด) สำหรับระบบนิวแมติก มีที่ระบายน้ำ แบบระบายโดยอัตโนมัติ	filter with water drainer automatic type (for pneumatic system)
	อุปกรณ์ให้ความร้อน	heater
	อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ	temperature controller
	อุปกรณ์หล่อเย็น	cooler
	อุปกรณ์ป้อนน้ำมันหล่อลื่น สำหรับระบบนิวแมติก	lubricator or oiler.
	อุปกรณ์เก็บเสียง สำหรับระบบนิวแมติก	silencer
	อุปกรณ์ปรับปรุงคุณภาพลมอัด	service unit or air pressure control unit
	สวิตช์ความดัน	pressure switch
	อุปกรณ์เพิ่มความดัน	pressure intensifier or booster

สัญลักษณ์อื่นๆ (ต่อ)

สัญลักษณ์ของวิธีการบังคับใช้วาล์วทำงาน

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
แบบใช้กล้ามเนื้อ		
	ทั่วไปในการใช้กล้ามเนื้อบังคับ	manual (basic symbol)
	คันโยกมือ	lever
	ปุ่มกด	push button
	เท้าเหยียบ	pedal
แบบใช้กลไก		
	เคียว	plunger or push bar
	สปริง	spring
	ล็อกค้างตำแหน่งหรือรอกยัด	detent
	ลูกกลิ้งกดสองทาง	roller
	ลูกกลิ้งกดทางเดียว	roller trip or single acting roller

สัญลักษณ์ของวิธีการบังคับใช้วาล์วทำงาน (ต่อ)

สัญลักษณ์	ชื่อ	ศัพท์
แบบใช้ไฟฟ้าหรืออำนาจแม่เหล็กกระทำโดยตรง		
	โซลินอยด์ขดลวดเดี่ยวกระทำโดยตรง	solenoid operated (single winding)
	โซลินอยด์ขดลวดคู่กระทำโดยตรง	solenoid operated (double winding)
แบบใช้ความดันควบคุม		
	ความดันควบคุมจากแหล่งภายนอกกระทำโดยตรง (หัวลูกศรไปรง เป็นความดันลม) (หัวลูกศรทึบ เป็นความดันน้ำมัน)	pilot pressure remote supply pilot pressure (direct acting)
	ความดันควบคุมจากแหล่งภายในกระทำโดยทางอ้อม	pilot pressure internal supply (indirect acting)
	ชดเชยความดัน	pressure compensated
แบบวีรผสม		
	โซลินอยด์ควบคุมความดันน้ำมันเข้าต้นทำงาน	solenoid controlled, pilot pressure operated (for hydraulic)
	โซลินอยด์ควบคุมความดันลมเข้าต้นทำงาน	solenoid controlled, pilot pressure operated (for pneumatic)
	โซลินอยด์หรือความดันน้ำมันเข้าต้นทำงาน	solenoid or pilot pressure operated (for pneumatic)
	โซลินอยด์หรือความดันลมเข้าต้นทำงาน	solenoid or pilot pressure operated (for pneumatic)
	โซลินอยด์หรือมือต้นให้ทำงาน	solenoid or manual operated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ชวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์ และ ปานเพชร ชินินทร, "ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม", หน้า 9-87, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2530
2. ผศ.อำพล ชี้อตรง, "ไฮดรอลิกและนิวแมติกส์", โรงพิมพ์เอเชีย, หน้า 35-86, 2527



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ทวีศักดิ์ เทศเจริญ ตลอดจนอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน
ในโรงประลองวิศวกรรม 1 ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำจนปริญญาพันธนีสำเร็จลุล่วง
ไปด้วยดี และขอขอบใจเพื่อนๆภาคเครื่องกลทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้